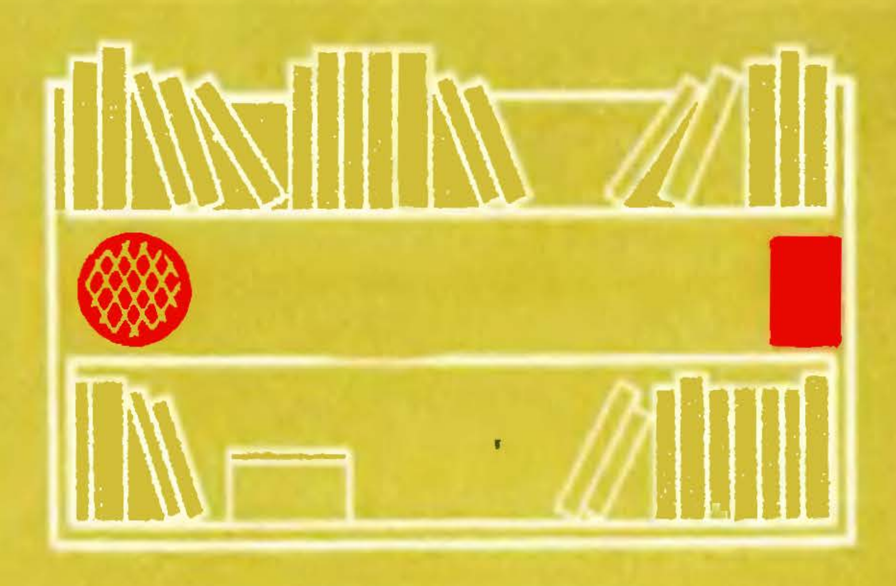




Ф. Кюне

АППАРАТУРА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ЗВУЧАНИЯ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 567

Ф. КЮНЕ

АППАРАТУРА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ЗВУЧАНИЯ

Перевод с немецкого А. С. ПАНАФИДИНА
под редакцией М. Д. ГАНЗБУРГА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1965 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.375.145:621.396.67
К99

Рассматриваются схемы и особенности сборки аппаратуры высококачественного звучания. Основное внимание уделено усилителям низкой частоты с микшерными устройствами, рассчитанными на одновременное воспроизведение магнитной записи, грамзаписи и радиопрограмм. Приводятся рекомендации по конструированию широкополосных акустических систем.

Брошюра предназначена для квалифицированных радиолюбителей-конструкторов, интересующихся вопросами улучшения качества звучания аппаратуры в домашних условиях.

Ф. Кюне,

Аппаратура высококачественного звучания (перевод с немецкого), М.—Л., издательство „Энергия", 1965.
48 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 567).
Сводный тематический план 1965 г., „Радиоэлектроника и связь" № 203.

Редактор *А. И. Кузьминов* Техн. редактор *Т. Н. Царева*

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 30/X-1964 г.		Подписано к печати 28/XII-1964 г.
Бумага 84×108[1]/32	Печ. л. 2,46	Уч.-изд. л. 3,04
Тираж 41 000 экз.	Цена 15 коп.	Зак. 1642

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати.
Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

За последние годы среди радиолюбителей наряду с увеличением коротковолновой связи получили широкое распространение конструирование и сборка аппаратуры, обеспечивающей высокое качество воспроизведения звука. Здесь открывается необъятное поле деятельности независимо от того, покупает ли любитель уже готовые блоки и узлы аппаратуры или же старается по-возможности сделать их сам.

Так как возможности и вкусы радиолюбителей, а также их жилищные условия весьма разнообразны, а от этого зависит и выбор аппаратуры, необходимо сначала основательно познакомиться с этой интересной областью. Практик, имеющий солидный опыт по конструированию низкочастотных усилителей и знакомый со столярным делом, может сэкономить значительные средства, оформляя ящики для акустических систем или самостоятельно конструируя и собирая узлы усилителей.

Цель настоящей брошюры — дать необходимые отправные данные для этой категории радиолюбителей-конструкторов. Кое-что интересное могут найти для себя и техники по ремонту аппаратуры.

Автор будет считать свою задачу выполненной, если эта книжка поможет популяризации аппаратуры высококачественного звучания и привьет вкус к высококачественному воспроизведению музыки.

Ф. Кюне

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Книга немецкого инженера Ф. Кюне в популярной форме рассказывает о принципах построения и об устройстве современных систем для высококачественного воспроизведения звука в домашних условиях. Автор рассматривает различные схемы предварительных и оконечных усилителей, а также рассказывает об устройстве широкополосных акустических систем и агрегатов. Многие из этих схем и устройств были опробованы автором в действии, поэтому в книге приводятся рекомендации по их налаживанию.

Подготавливая перевод к печати, из текста пришлось исключить как ненужные читателю ссылки на некоторые покупные детали, изготавливаемые зарубежными фирмами (выходные трансформаторы, громкоговорители и т. п.). Кроме этого, в схемах изменены номиналы сопротивлений и конденсаторов согласно действующей в СССР шкале.

Чтобы облегчить читателю изготовление приводимых схем, добавлено приложение, в котором указана возможная замена иностранных радиоламп отечественными.

Учитывая большой интерес, который проявляют наши читатели к литературе о высококачественном воспроизведении звука, можно надеяться, что данная книга будет встречена с интересом.

М. Ганзбург

ЧТО ТАКОЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЕ ЗВУЧАНИЕ?

Под высококачественным звучанием понимают высокую верность воспроизведения. У американцев для выражения этого понятия существует сокращение «Hi-Fi» (High fidelity), что в переводе примерно означает «высокое качество воспроизведения». В дальнейшем изложении будет применяться термин «высококачественное звучание» или сокращенно ВКЗ.

За границей этот термин широко используется в проспектах и рекламах в самых разнообразных сочетаниях. Например, рекламируют громкоговорители ВКЗ, звукосниматели ВКЗ, а в одном из иностранных журналов можно было прочитать даже о средстве ВКЗ для чистки граммофонных пластинок. Следовательно, к этому модному слову нужно относиться с осторожностью и остерегаться необдуманно его применять. В американской терминологии существует вполне приемлемое разграничение между «Hi-Fi» и нормальным качеством воспроизведения; последнее обозначается «commercial quality» (коммерческое качество), под которым понимают примерно качество звучания довоенного супергетеродинного приемника среднего класса. При этом имеют в виду приемник с полосой воспроизведения частот от 120 до 3 500 *гц* с небольшим подъемом низших частот и коэффициентом нелинейных искажений порядка 5%.

Аппаратура ВКЗ значительно совершеннее. В последнее время полоса частот расширена и составляет от 20 до 20 000 *гц*, искажения при максимальной громкости не превышают 1%, а при воспроизведении верхних звуковых частот коэффициент нелинейных искажений составляет всего несколько сотых долей процента. Сейчас установлено, что наше ухо особенно чувствительно к искажениям на высших частотах. Искажения очень высоких звуковых частот, лежащих частично за порогом слышимости, «примешиваются» к другим тонам, в результате чего образуются комбинационные частоты около 3 000 *гц*, а наше ухо обладает максимальной чувствительностью именно в этом участке звукового диапазона. Поэтому вся звуковая картина воспринимается искаженной, если искажен один из интересующих тонов, что очень сильно мешает слуховому восприятию передачи.

Из изложенного видно, какие высокие требования предъявляются к элементам звукового тракта. Их можно сравнить с требованиями, предъявляемыми к студийной аппаратуре (электроакустическим установкам, усилителям, громкоговорителям), которая по своей стоимости не доступна частному лицу. Проводимая научно-исследо-

вательская работа, в результате которой удалось создать сравнительно недорогую аппаратуру очень высокого качества, позволила промышленности организовать крупносерийное производство высококачественных узлов и деталей. В качестве наглядного примера сошлемся на современные проигрыватели, характеризующиеся минимальной вибрацией.

Радиовещательные компании пользуются непомерно большими агрегатами, размерами с письменный стол средней величины. Эта громоздкая аппаратура, обладающая большой массой по сравнению с типовыми установками, надежно защищена от возникновения вибрации. В отличие от этого в конструкции проигрывателей ВКЗ, рассчитанных на массового потребителя, особое внимание было обращено на правильную балансировку двигателя, способ его оптимальной подвески и другие конструктивные особенности. В итоге были созданы проигрыватели, по своему внешнему оформлению и стоимости мало отличающиеся от старых стандартных типов, но значительно превосходящие их по своим характеристикам.

Несмотря на это, комплект установки ВКЗ никогда не может быть дешевым. Любое изделие, входящее в комплект ВКЗ, например проигрыватель, усилитель, громкоговоритель, обойдется дороже, чем аналогичное изделие обычного качества.

АППАРАТУРА ВКЗ ДВАДЦАТЬ ЛЕТ НАЗАД

Аппаратура ВКЗ не новинка; новы лишь сам термин и ... возможность ее приобретения. Около 20 лет назад автор впервые услышал на радиостудии передачу в высококачественном воспроизведении. В то время такие опыты демонстрировались только специалистам, и то, так сказать, «по секрету». Совершенно ясно, что тогда мало были заинтересованы в том, чтобы радиослушатели узнали, как сильно теряется качество передачи по пути к их приемникам. Ведь в то время еще не было УКВ вещания!

Передача, которая произвела тогда столь сильное впечатление своим исключительно высоким качеством, велась из соседней студии, в которой играл оркестр; в помещении для прослушивания была установлена громкоговорящая акустическая колонка размером с большой шкаф. Находчивый звукооператор, изменив конструкцию капсуля, «подстроил» обыкновенный конденсаторный микрофон на частоту 15 000 *гц*; мощный усилитель был рассчитан на 50 *вт*, но фактически с него снимали не более 3—4 *вт*, благодаря чему коэффициент нелинейных искажений был ничтожно мал. Трансформаторы также были выполнены по специальному заказу в опытном цехе и стоили больше, чем супергетеродинный приемник высшего класса того времени. И, наконец, в звуковую колонку были встроены специальные громкоговорители, о цене которых предпочитали скромно молчать. Кроме того, точно рассчитанный подъем высших и низших звуковых частот обеспечивал необходимую коррекцию частотной характеристики. В целом воспроизведение было таким, что и сегодня заслуживало бы похвалы.

К сожалению, в то время все эти достижения не могли быть реализованы, так как при передаче по эфиру «терялась» большая часть динамического и частотного диапазонов; о качестве же грампластинок тех лет вообще не приходится говорить. Таким образом,

аппаратура ВКЗ в тот период оставалась забавной игрушкой в руках немногих специалистов и рекламным экспонатом, который должен был продемонстрировать, чего можно добиться, если бы ...

По-настоящему аппаратура ВКЗ вошла в быт лишь с появлением УКВ вещания, современных грампластинок с их чрезвычайно широким частотным диапазоном и магнитофонов широкого пользования. Ныне ЧМ вещание, граммофонная и магнитная запись обеспечивают такой же динамический и частотный диапазоны, какие могли быть достигнуты двадцать лет назад лишь на линии длиной в несколько метров, соединявшей микрофон с усилителем для контрольного прослушивания. Этим объясняется то обстоятельство, что техника, известная уже в течение многих лет, лишь сейчас становится достоянием масс.

РАЗНООБРАЗИЕ АППАРАТУРЫ ВКЗ

Как мы увидим ниже, акустическая колонка для аппаратуры ВКЗ имеет столь внушительные размеры, что ее не так просто разместить в жилой комнате. Уже по этой причине не может идти речи о какой-либо унификации. Если один радиолюбитель имеет достаточно просторное помещение, чтобы установить в нем акустический агрегат, хорошо сочетающийся с остальной мебелью, то другой в целях экономии места предпочтет иметь звуковую колонку в форме угловой тумбочки или «замаскирует» свои громкоговорители под выступом подоконника. Такой «индивидуальный» подход к оформлению еще резче проявляется в электрической схеме установки.

В зависимости от вкуса и возможностей одного любителя вполне удовлетворяет воспроизведение грамзаписи и УКВ радиопередач и, следовательно, кроме комплекта усилителя, ему потребуется лишь УКВ тракт приемника и проигрыватель. Другой любитель, возможно, отдает предпочтение проигрывателю с автоматической сменой пластинок и магнитофону. Точно также для приема АМ передач можно дополнительно встроить приемник прямого усиления без усилителя НЧ или при желании слушать АМ и ЧМ программы заняться переделкой обычного радиоприемника. Иными словами, здесь возможны разнообразные варианты и поэтому установки ВКЗ собираются, как правило, по функционально-блочному методу. Решение вопроса о том, как скомпоновать установку в единое целое, чтобы она имела приятный внешний вид, предоставляется радиолюбителю.

На рис. 1 изображена блок-схема установки ВКЗ с учетом различных вариантов. В качестве источников программ служат магнитофон, проигрыватель и два отдельных приемника для УКВ ЧМ и АМ вещания. Для получения широкой полосы пропускания и лучшего воспроизведения высших звуковых частот в данном случае при приеме АМ программ отказываются от супергетеродинной схемы. Поэтому для приема местных станций применяют приемник прямого усиления или приводную радиотрансляцию. Конечно, супергетеродинный приемник оказался бы более чувствительным и избирательным, однако наличие по меньшей мере шести контуров сильно ухудшило бы воспроизведение высших звуковых частот, тогда как двухконтурный приемник в условиях местного приема надежно воспроизводит до 8 000 *гц* и выше.

Источники программ соединены с предварительным усилителем низкой частоты, в котором осуществляется выравнивание уровней сигнала (т. е. получение примерно одинаковой громкости всех источников программ), регулировка громкости и коррекция высших и низших звуковых частот (компенсация частотных искажений). На выходе этого усилителя напряжение звуковой частоты составляет около 1 *в*. Поэтому линия, ведущая к усилителю мощности, мало подвержена воздействию помех и ее длина может достигать нескольких

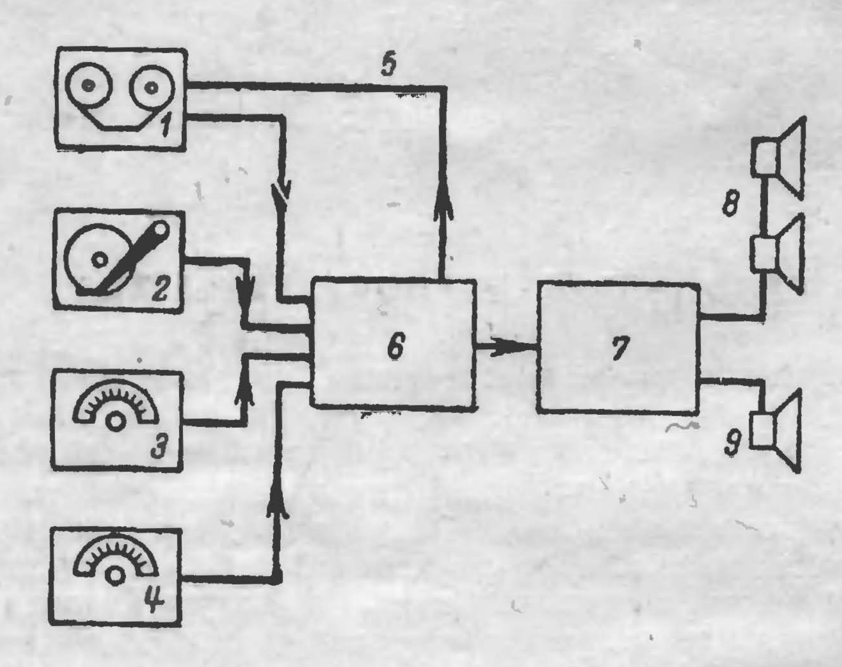


Рис. 1. Блок-схема установки ВКЗ.

1 — магнитофон; *2* — электропроигрыватель; *3* — АМ приемник; *4* — ЧМ приемник; *5* — линия записи; *6* — предварительный усилитель с коррекцией частотной характеристики и микшерным устройством; *7* — оконечный усилитель; *8* — высокочастотные громкоговорители; *9* — низкочастотный громкоговоритель.

метров. Это необходимо еще и потому, что усилитель мощности, как правило, размещается в ящике для громкоговорителей. Такое размещение выгодно не только с точки зрения экономии места (тем самым используется пустое пространство в акустическом агрегате), но иногда бывает необходимо и по другой причине.

Дело в том, что в усилителях мощности с сильной отрицательной обратной связью при увеличении емкостной нагрузки наблюдаются явления сдвига фазы, в результате чего вместо отрицательной возникает паразитная положительная обратная связь. В случае совместного размещения обоих усилителей нельзя было бы обойтись без подсоединяемого к выходу усилителя провода, идущего к громкоговорителю; этот провод при некоторых обстоятельствах как раз может оказаться такой емкостной нагрузкой. Таким образом, при совместном размещении громкоговорителей и усилителя мощности уменьшаются габариты устройства с коммутацией, четырьмя источниками программ и предварительным усилителем, а с другой стороны в блоке громкоговорителей исключается нежелательный сдвиг фаз в усилителе мощности.

От предварительного усилителя (в нем вместо входного переключателя может быть встроено микшерное устройство) отходит линия к гнезду записи магнитофона. Следовательно, все виды передач, проходящие через предварительный усилитель, могут одновременно записываться на магнитную ленту. При этом линия к магнитофону выводится перед регулятором громкости и регулятором тембра; это делается для того, чтобы положения регуляторов, выбранные для воспроизводящего устройства, не влияли на запись. Итак, в зависимости от условий и личного вкуса слушателя можно регулировать тембр и громкость передачи, причем эта регулировка не сказывается на магнитной записи.

Каждый источник программ соединяется с переключателем, конструктивно объединенным с регулятором громкости предварительного усилителя. Источники программ, за исключением магнитофона, имеющего свой регулятор усиления, не имеют выключателей и регуляторов громкости. Это значительно упрощает управление, хотя и ставит иной раз в тупик любителя, который, изучая схемы усилителей мощности, тщетно пытается найти регулятор громкости.

ЧТО НЕОБХОДИМО ЗНАТЬ ПРИ СБОРКЕ АППАРАТУРЫ ВКЗ

Желающий заняться сборкой усилителей ВКЗ, должен по меньшей мере отлично разбираться в основных принципах построения усилителей. Совершенно невозможно в каждой отдельной схеме повторять, какие провода критичны, как надлежит выполнять соединение на шасси и что необходимо учитывать в случае замены ламп. В большей степени, чем в какой-либо другой аппаратуре, в усилителе ВКЗ бессистемное соединение на шасси — это «смертный грех», который может вызвать самовозбуждение всей установки.

Особую осторожность необходимо соблюдать при использовании экранированного провода. Совершенно неверно экранировать каждый провод, несущий звуковую частоту. В данном случае чрезмерная предусмотрительность приносит лишь вред, потому что экран и жила провода образуют емкостный шунт, который в высокоомных цепях неизбежно вызывает потери на высших звуковых частотах.

Проектируя шасси, надо стремиться к тому, чтобы обойтись минимумом экранированного провода. Для достижения этой цели необходимо максимально укоротить все провода, несущие звуковую частоту. Если позаботиться о том, чтобы провода, идущие на входы предварительных каскадов, не были бы слишком близко расположены друг к другу, то экранировать в основном придется лишь цепь управляющей сетки первой лампы предварительного усилителя. В сомнительном случае лучше в 5—10 *мм* от «подозрительного» провода установить металлический экран, нежели применять экранированный провод, так как в этом случае паразитная емкость монтажа будет меньше. Вообще при конструировании шасси возникает много интересных задач, решение которых требует смекалки.

Автор обыкновенно делает модель в натуральную величину из миллиметровой бумаги и затем, передвигая по бумаге ламповые панели, пытается найти оптимальный вариант размещения деталей. Работа такого рода невольно заставляет досконально изучать схему, а затраченное на это время с лихвой окупается.

С какой тщательностью следует подходить к конструированию и какие последствия может вызвать неправильное положение проводов и паразитные емкости, лучше всего пояснить на примере схемы регулятора тембра (рис. 2). Такая схема с незначительными изменениями типична для большинства усилителей ВКЗ. Данный вариант

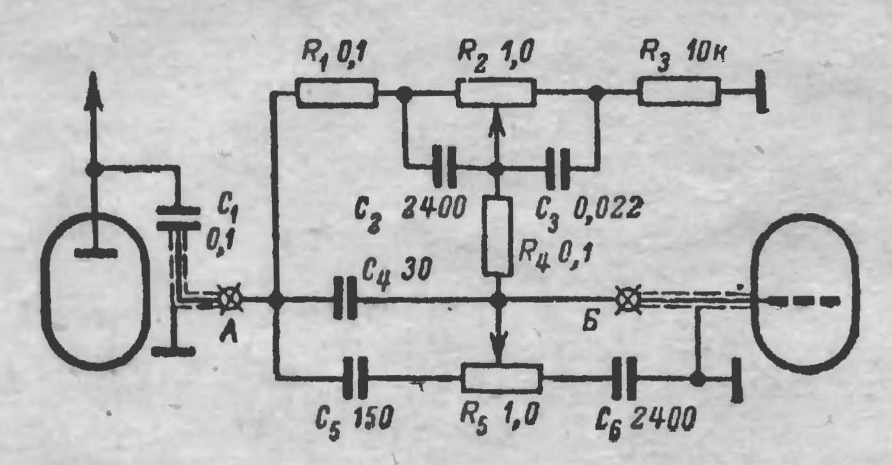


Рис. 2. Типовая схема раздельной регулировки тембра низших и высших звуковых частот.

принят чуть ли не во всех странах мира. Шутки ради немецкие радиотехники не без юмора окрестили эту схему «коровьим хвостом», ибо при повороте регуляторов тембра высших (R_5) и низших (R_2)

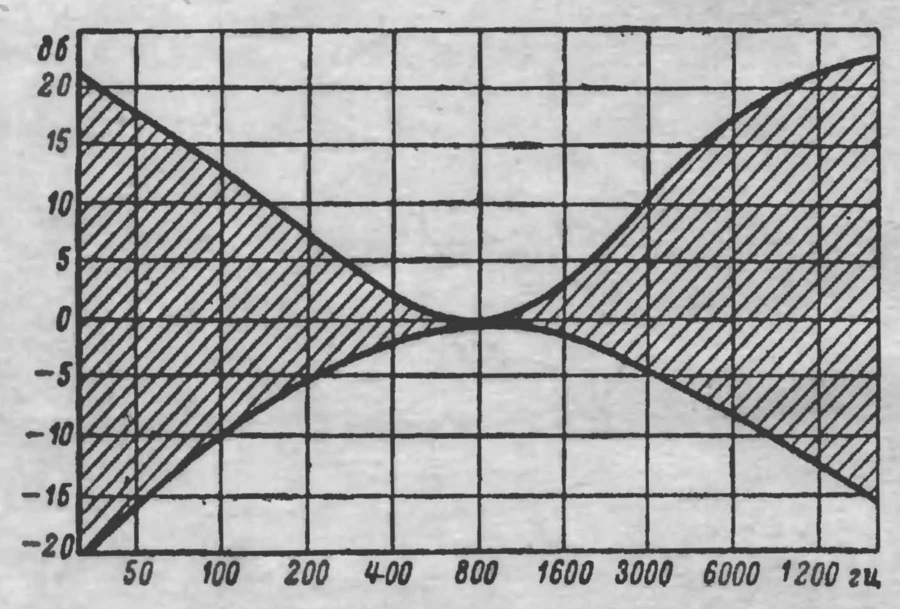


Рис. 3. Пределы регулирования частотной характеристики регуляторами тембра, собранными по схеме на рис. 2.

частот концы частотной характеристики поднимаются и опускаются. Форма кривой на самом деле оправдывает это «зоологическое» сравнение (рис. 3).

Принцип действия схемы, изображенной на рис. 2, по-видимому, известен большинству читателей. От левой (по схеме) лампы напряжение звуковой частоты поступает на соединенные параллельно цепочки $R_1R_2R_3C_2C_3$ и $C_5R_5C_6$. При среднем положении обоих регуля-

торов благодаря последовательному соединению R_1C_2 и R_3C_3 происходит деление напряжения в отношении 10 : 1. Следовательно, через сопротивление R_4 подается около 10% напряжения, снимаемого с левой лампы.

Если теперь повернуть движок регулятора R_2 в направлении к R_1, то это отношение для низших частот изменится. Так как конденсатор C_2 будет замкнут, а конденсатор C_3 окажется зашунтированным сопротивлением R_2, то характеристика устройства получит

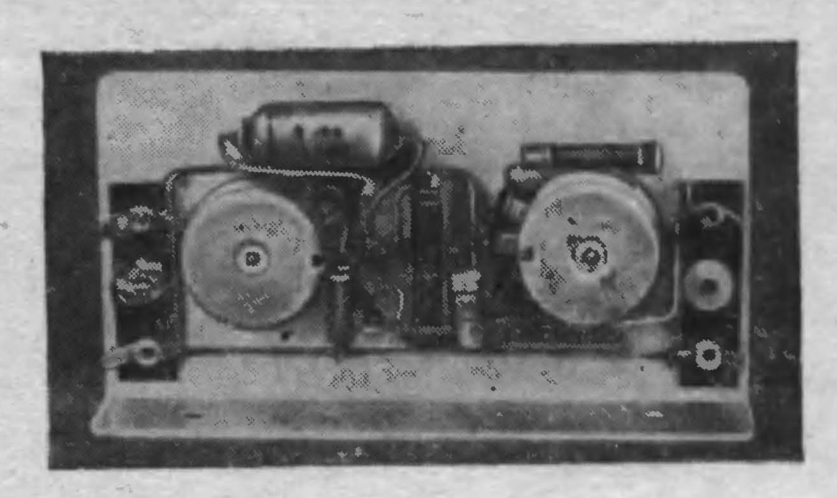


Рис. 4. Пример монтажа регуляторов тембра, собранных по схеме рис. 2.

максимальный подъем на низших звуковых частотах. В другом крайнем положении регулятора R_2 накоротко замыкается конденсатор C_3, а сопротивление R_2 шунтирует конденсатор C_2, что приведет к ослаблению низших частот. В промежуточных положениях регулятора частотная характеристика будет лежать в пределах заштрихованной на рис. 3 области.

Подобным образом регулируются высшие звуковые частоты. В крайнем левом положении движка регулятора R_5 в точке *Б* происходит подъем высших частот (через конденсатор C_5). При перемещении движка потенциометра в правое положение включается конденсатор C_6, ослабляющий высшие звуковые частоты. Сопротивление R_4 служит для развязки цепей высших и низших частот. Если бы этого сопротивления не было, то раздельное регулирование высших и низших частот стало бы невозможным.

Наиболее критичный участок схемы — часть провода близ точки *Б*, т. е. провод, соединяющий конденсатор C_4 и сопротивления R_4 и R_5 с управляющей сеткой следующей лампы. Наличие сопротивления R_4, равного 0,1 *Мом*, делает этот участок высокоомным, вследствие чего даже незначительные паразитные емкости вместе с емкостью анод — сетка следующей лампы могут вызвать значительные потери высших звуковых частот. Следовательно, необходимо до минимума сократить длину экранированного провода. Для этого все конденсаторы и сопротивления размещают непосредственно у регуляторов, как это показано на рис. 4. Чтобы исключить всякие «сюрпризы», эту плату, имеющую форму уголка, прикрепляют под шасси так, чтобы точка *А* находилась рядом с панелью предшествующей лампы, а панель следующей лампы была расположена близ точки *Б*. В этом случае длина соединительных проводов измеряется милли-

метрами и необходимость в их экранировании отпадает. Такая конструкция иногда требует удлинения осей регуляторов тембра для удобства управления ими.

В случае невозможности удлинения осей можно пойти по другому пути. Оба регулятора вместе с относящимися к ним элементам схемы прикрепляют на передней панели. Тогда провод *А* не экранируется, так как его сопротивление невелико относительно внутреннего сопротивления предыдущей лампы (R_i триода примерно 10 *ком*). Поэтому данный участок мало восприимчив к наводкам и, кроме того, входное напряжение составляет, как правило, 1 *в* и выше. Цепь *Б* (высокоомная вследствие наличия сопротивления R_4 и по ней проходит лишь 10% входного напряжения) выполняется малоемкостным экранированным кабелем. Потери на высших частотах компенсируются конденсатором C_4 (для более точного подбора его емкости целесообразно применять подстроечный конденсатор).

Для избежания грубых ошибок перед сборкой какой-либо другой схемы нужно хорошо уяснить себе принцип ее действия. Надо признать, что здесь умышленно рассмотрен самый «критичный» участок схемы и что радиолюбитель, имеющий некоторый опыт в сборке усилителей, не встретит каких-либо непреодолимых трудностей.

Любое изменение, например заменять одну лампу аналогичной другой, надо проверить с большой осторожностью. Такого рода «переделки» можно рекомендовать лишь весьма опытному радиолюбителю-конструктору. Приняв решение на сборку устройства, стоящего немало денег, было бы неправильно экономить средства на замене ламп.

СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ

УСИЛИТЕЛЬ ВКЗ С УЛЬТРАЛИНЕЙНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

На рис. 5 приведена схема сравнительно простого усилителя ВКЗ. Это устройство конструктивно объединяет переключатель входов, предварительный усилитель для электромагнитного звукоснимателя с фильтром низших и высших звуковых частот, регуляторы тембра, а также оконечный каскад и блок питания. При наличии высококачественного выходного трансформатора воспроизводимая полоса частот (при установке регуляторов тембра в среднее положение) имеет линейную характеристику в диапазоне от 50 до 30 000 *гц*. На частоте 30 *гц* выходная мощность несколько падает.

Входные гнезда *1*, *2* и *3* предназначены для подключения источников программ, дающих сигнал напряжением порядка 500 *мв*, т. е. для подачи сигнала от магнитофона, от детектора приемника или от пьезоэлектрического звукоснимателя. Гнездо *4* предусмотрено для подключения высококачественного электромагнитного студийного звукоснимателя. Оно соединяется с двухкаскадным предварительным усилителем, собранным на лампе $Л_5$. В зависимости от положения переключателя $П_2$ усилитель может пропускать либо всю полосу частот, либо когда включен конденсатор C_{16},— только средние и высшие частоты. Низшие же частоты, на которых могут возникать виб-

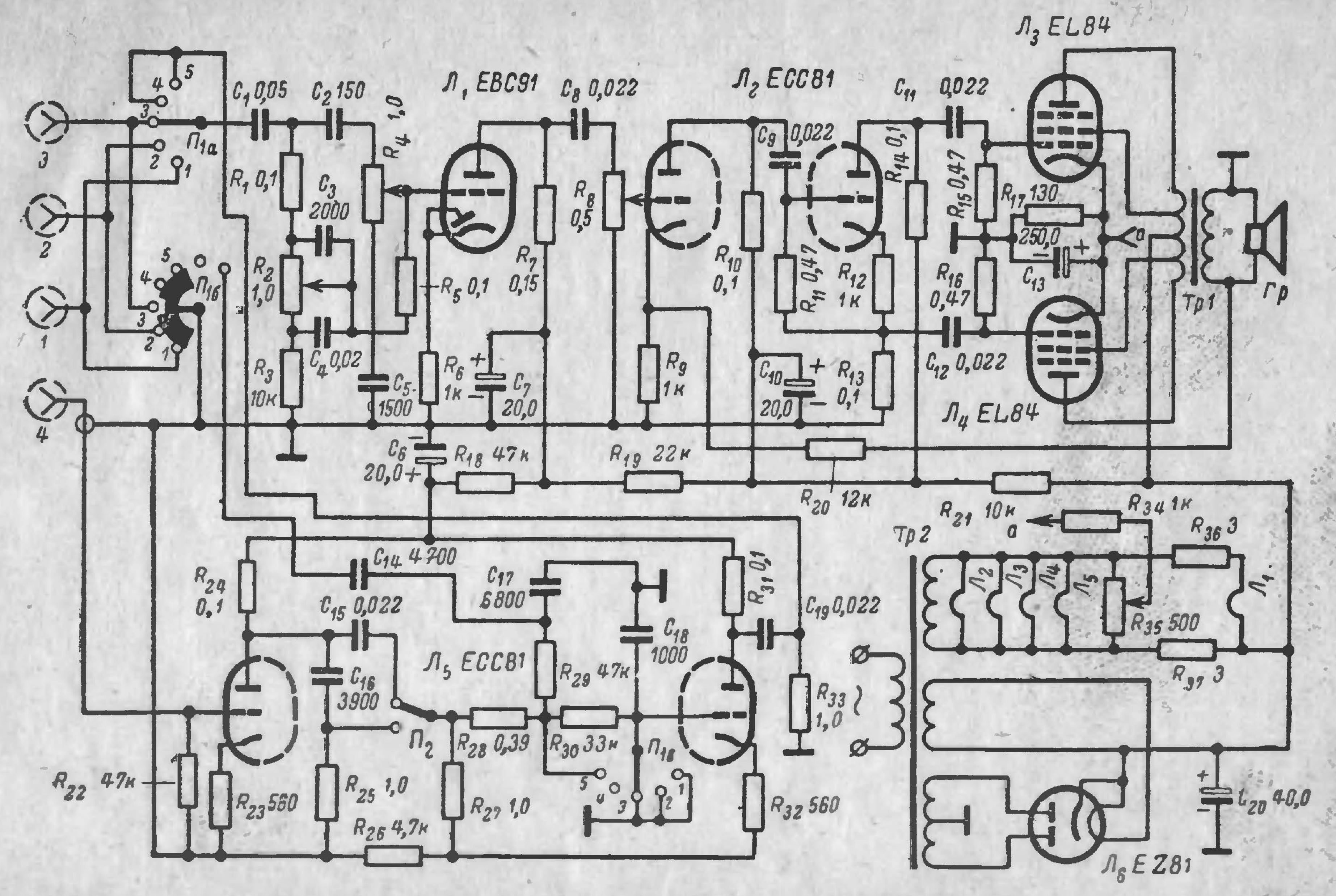


Рис. 5. Схема ультралинейного усилителя ВКЗ.

рации электродвигателя, заметно ухудшающие качество воспроизведения грамзаписи, срезаются.

Конденсатор C_{17} в цепи сетки правого (по схеме) триода лампы $Л_5$ и сопротивление R_{29} служат для подъема низших звуковых частот. В положении 5 переключателя $П_1$ конденсатор C_{14} включается параллельно конденсатору C_{17} и подъем низших частот несколько уменьшается. При трех первых положениях переключателя сетка правого (по схеме) триода лампы $Л_5$ замыкается на землю, что позволяет при передаче радиопрограммы или магнитной записи подавлять помехи со входа звукоснимателя. В положении 4 конденсатор C_{18} несколько срезает высшие звуковые частоты, в положении 5 этот эффект усиливается. Секция $П_{1б}$ закорачивает входы, которые в данный момент не используются.

Следовательно, при повороте переключателя $П_1$ в положения 1—3 поочередно включаются входы с тем же цифровым обозначением, в положениях 4 и 5 — четвертый вход (грамзапись).

Регуляторы тембра (R_2R_4), принципиальная схема которых рассматривалась ранее, помещены перед лампой $Л_1$, а регулятор громкости R_8 — за ней. Правый триод лампы $Л_2$ выполняет функцию фазоинвертора, собранного по схеме с разделенной нагрузкой. Оконечный каскад на лампах $Л_3$ и $Л_4$ собран по ультралинейной схеме, создающей отрицательную обратную связь в цепи экранирующих сеток. Вторая цепь отрицательной обратной связи идет от вторичной обмотки выходного трансформатора через сопротивление R_{20} к катоду лампы $Л_2$. Выходной трансформатор следует подбирать с учетом имеющегося громкоговорителя.

Потенциометр R_{35} в цепи накала ламп предназначен для ослабления уровня фона. Кроме этого, сопротивления R_{36} и R_{37} в цепи накала лампы $Л_1$ понижают напряжение накала до 4,5 *в*, тем самым уменьшая уровень шумов и фона. Эта несколько необычная схема в течение ряда лет с успехом применялась в цепи накала первой лампы различных усилителей — понижение напряжения накала не сказывалось на работе ламп.

УСИЛИТЕЛЬ ВКЗ МОЩНОСТЬЮ 10 *вт*

Схема усилителя показана на рис. 6. Регуляторы тембра, аналогичные показанным на рис. 2, и регулятор громкости R_5 помещены на входе усилителя, чувствительность которого около 600 *мв*.

Каскад предварительного усиления собран на лампе $Л_1$. Верхний (по схеме) триод лампы $Л_2$ работает в режиме усиления. Его управляющая сетка соединена непосредственно с анодом лампы $Л_1$ (конденсатор связи отсутствует). Этим исключается элемент сдвига фазы, который при известных условиях мог бы вызвать нестабильность отрицательной обратной связи. Благодаря непосредственной связи управляющая сетка лампы $Л_2$ находится под таким же высоким потенциалом (+70 *в*), как и анод лампы $Л_1$. Поэтому напряжение на катоде этой лампы приходится повышать до 71,5 *в*. Разница в напряжении (1,5 *в*) и составляет требуемое сеточное смещение.

Управляющая сетка верхнего триода через сопротивление R_{12} связана по постоянному току с нижним (по схеме) триодом лампы $Л_2$. В результате этого, а также благодаря общему сопротивлению в цепи катода, на оба триода подается одно и то же напряжение

смещения. Управляющая сетка нижнего триода через конденсатор C_{10} соединена по переменному току с общим минусом, т. е. лампа управляется не сеткой, а катодом (аналогично каскадной схеме). Так как сигнал в цепи управляющей сетки нижнего триода сдвинут по фазе на 180° относительно управляющей сетки верхнего триода, к оконечным лампам подводятся напряжения, также сдвинутые по фазе на

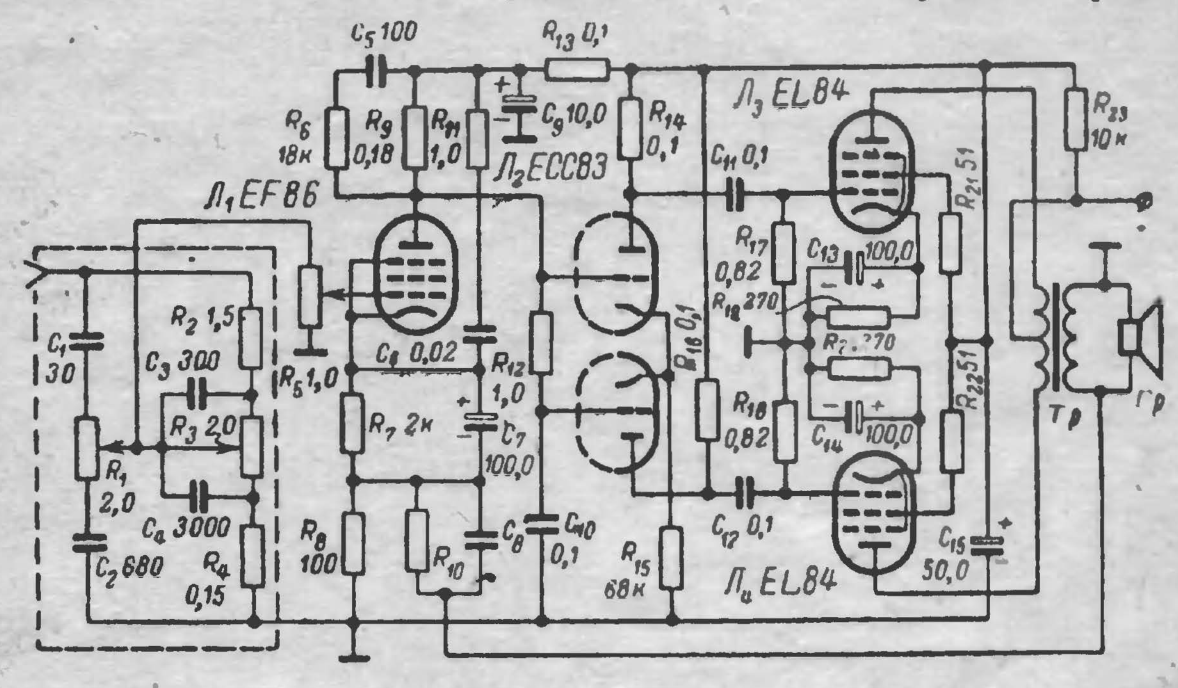


Рис. 6. Схема оконечного усилителя ВКЗ мощностью 10 *вт.*

180°. Такой способ поворота фазы отличается высокой симметричностью, хорошим усилением и отсутствием фазовых искажений. Схема оконечного каскада обычна.

Корректирующая цепочка R_6C_5, включенная параллельно нагрузочному сопротивлению лампы $Л_1$, и фильтр в цепи отрицательной обратной связи, состоящей из конденсатора C_8 и сопротивления R_{10}, стабилизируют отрицательную обратную связь в диапазоне ультразвуковых частот.

Для каскада предварительного усиления подбирают по возможности малошумящие высокостабильные сопротивления. Величины конденсатора C_8 и сопротивления R_{10} выбирают с учетом полного выходного сопротивления усилителя из следующей таблицы:

Выходное сопротивление усилителя, *ом*	C_8, *пф*	R_{10}, *ком*
4	180	15
16	82	33

Выходной трансформатор намотан на сердечнике броневого типа из трансформаторного железа толщиной 0,5 *мм* без воздушного зазора. Сечение среднего стержня сердечника 28×28 *мм*. Первичная обмотка состоит из четырех секций, каждая по 1 650 витков провода ПЭЛ или ПЭВ диаметром 0,11 *мм*. Прокладки между слоями из бумаги толщиной 0,03 *мм*. Вторичная обмотка состоит из двух секций

по 76 витков в каждой, намотанных двумя слоями проводом той же марки диаметром 0,6 *мм* с прокладками из бумаги толщиной 0,1 *мм*.

Последовательность намотки следующая. Первой на каркас наматывают одну из секций первичной обмотки, затем половину вторичной обмотки, после этого две секции первичной обмотки, потом другую половину вторичной и последней — четвертую секцию первичной обмотки. Две средние секции первичной обмотки соединены параллельно и намотаны в одну сторону, а остальные — в противоположную. Обе крайние секции также соединены между собой параллельно. Составленные таким образом группы включают последовательно. Последовательно же соединяют и половины вторичной обмотки (при сопротивлении громкоговорителя 16 *ом*).

УСИЛИТЕЛЬ ВКЗ С МИКШЕРНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Нередко среди радиолюбителей можно встретить людей, увлекающихся магнитной записью и записывающих на ленту небольшие импровизированные сцены. В этом случае целесообразно собрать
новременно записывать сигналы от различных источников звукового
новременно записывать сигналы от различных источников звукового
напряжения. Следовательно, вместо входного переключателя надо

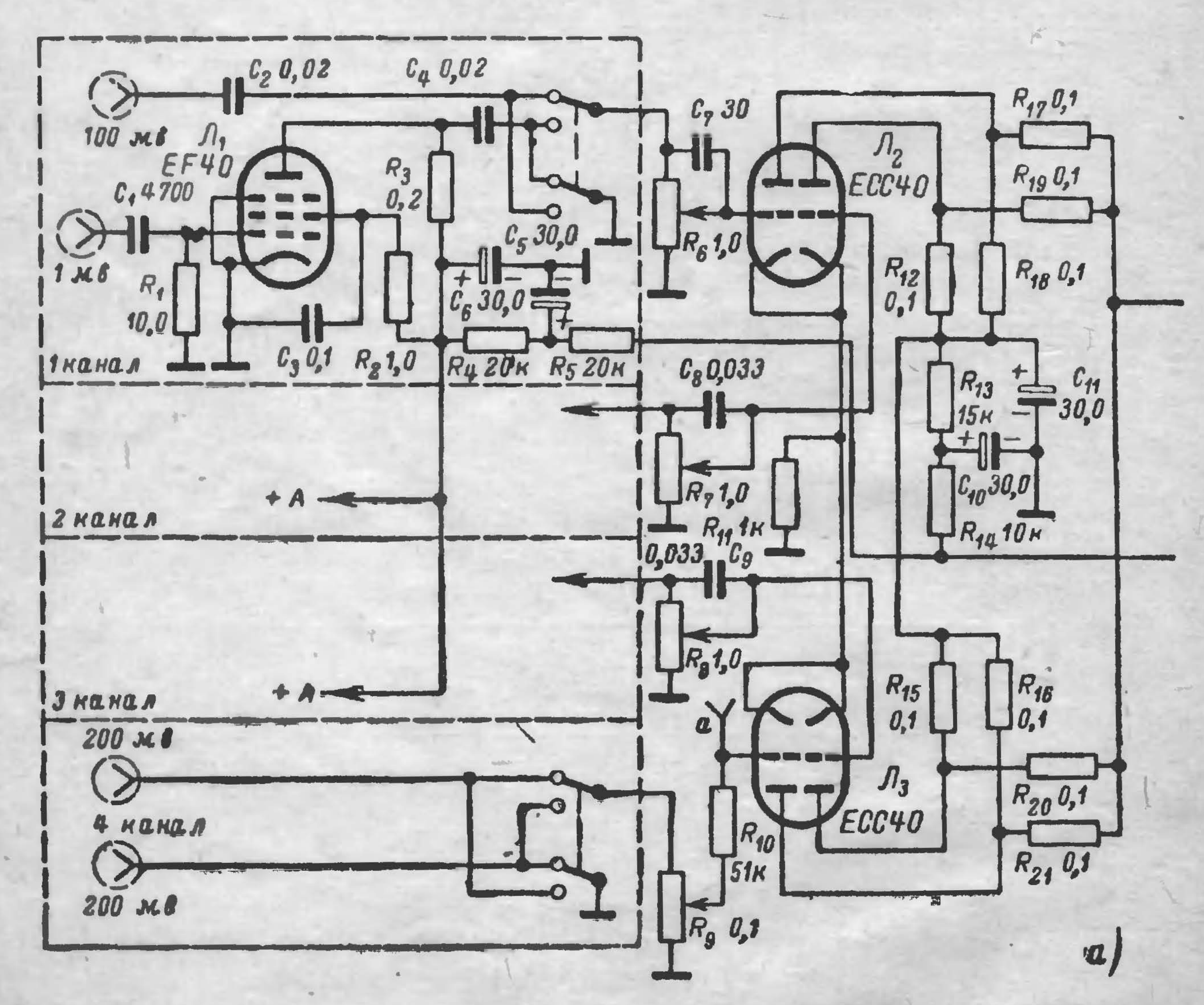


Рис. 7. Усилитель ВКЗ с

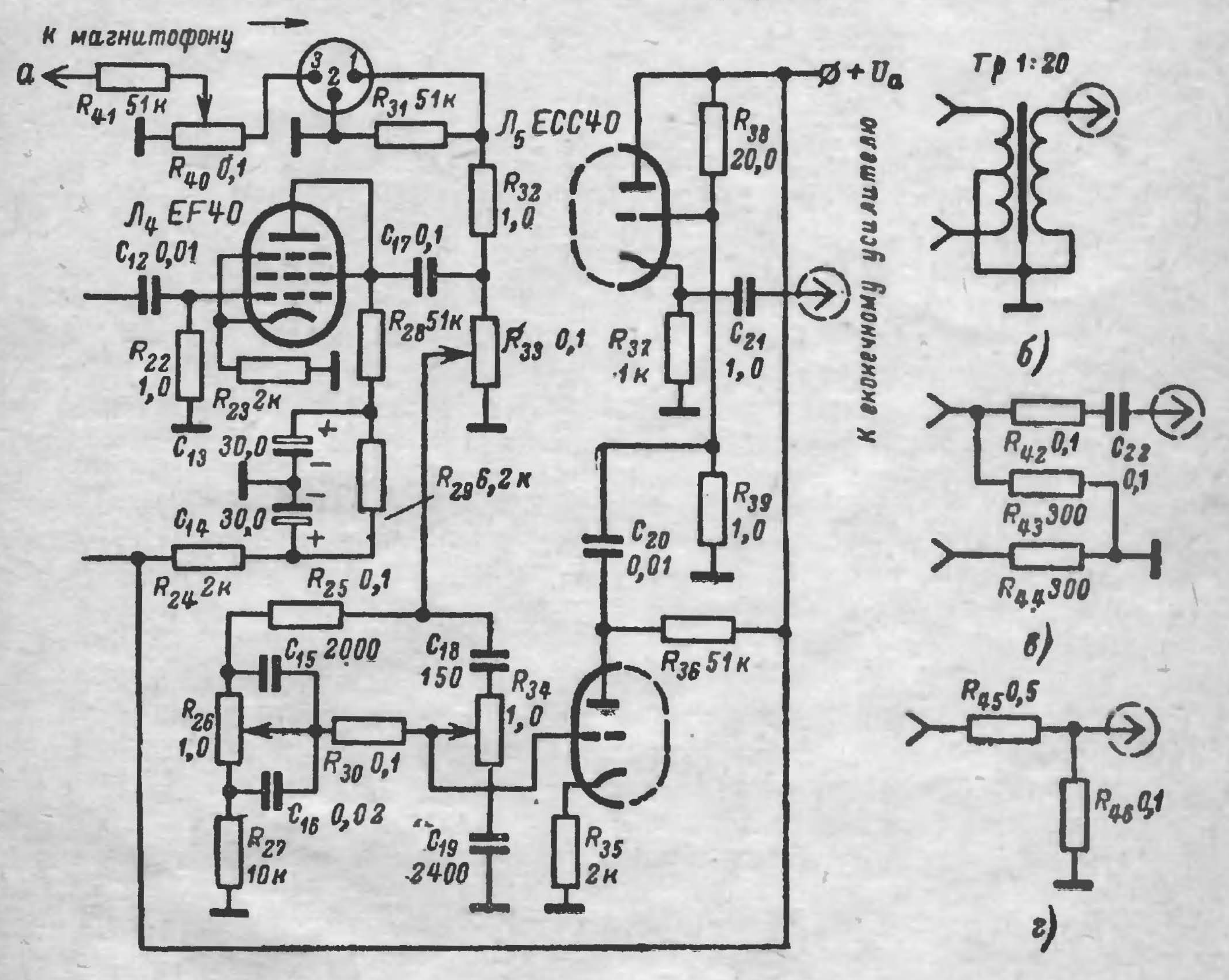
а — схема усилителя; *б* — схема включения согласующего микрофонного

г — схема *RC*-звена для подключения

установить регуляторы (по одному на каждый источник звукового напряжения). По этому принципу собран разработанный автором усилитель, схема которого приведена на рис. 7.

Два двойных триода $Л_2$ и $Л_3$, аноды которых соединены через развязывающие сопротивления R_{17}, R_{19}, R_{20} и R_{21}, а катоды — параллельно, позволяют микшировать пять различных источников звукового напряжения. Усилитель рассчитан таким образом, что для получения выходного напряжения 1,5 *в* на сетки ламп $Л_2$ и $Л_3$ достаточно подать напряжение около 100 *мв*. Для удобства обслуживания к каждому каналу можно подключить два источника звукового напряжения. Кроме того, к схеме можно подключать микрофонный усилитель, собранный на лампе $Л_1$. На рис. 7 изображена только одна лампа в канале *1*. Каналы *2* и *3* собраны по той же схеме, что и первый.

Благодаря высокой чувствительности (1 *мв*) усилителя, собранного на лампе $Л_1$, можно использовать микрофоны любых типов. Если для подключения микрофона не требуется очень длинного кабеля, то можно обойтись пьезоэлектрическим микрофоном. При кабеле длиной до 200 *м* применяют электродинамический микрофон, подключаемый через согласующий повышающий трансформатор (рис. 7,*б*). На рис. 7,*в* показано *RC*-звено для присоединения симметричного кабеля, которое можно оформить в виде переходного



микшерным устройством.

трансформатора; *в* — схема *RC*-звена для подключения симметричного кабеля; пьезоэлектрического звукоснимателя.

штеккера. Демпфирующая цепочка, изображенная на рис. 7,*г*, может потребоваться для пьезоэлектрического звукоснимателя. Усилитель с таким оборудованием позволяет решать разнообразные задачи микширования.

Обе смесительные лампы $Л_2$ и $Л_3$ через переходный конденсатор C_{12} подключены к управляющей сетке лампы $Л_4$, включенной триодом. Выходное напряжение с нее подводится к главному регулятору громкости R_{33}, служащему для повторной регулировки громкости «микшированной» звуковой картины. Далее напряжение звуковой частоты через регуляторы тембра низших (R_{26}) и высших (R_{34}) частот подводится к одному из триодов лампы $Л_5$, который компенсирует потери в цепи регуляторов тембра. Второй триод включают по схеме катодного повторителя, понижая активное сопротивление линии, идущей к оконечному усилителю. Таким образом, в случае необходимости длина этой линии может достигать 20 *м*. На управляющую сетку последнего триода через сопротивление R_{38} подается положительный потенциал для того, чтобы лампа работала в средней части характеристики (без искажений) при напряжениях до 2 *в* и выше.

Колодка для подключения магнитофона позволяет одновременно подключить провода от усилителей записи (гнездо *1*) и воспроизведения (гнездо *3*). В современных магнитофонах имеется такое же гнездо, и, таким образом, магнитофон подключается с помощью одного трехжильного кабеля.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ВКЗ С МИКШЕРНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Предварительный усилитель, схема которого приведена на рис. 8, также имеет микшерное устройство, состоящее из трех каналов, причем к последнему из них при помощи переключателя $П_1$ может быть подключено четыре входа. Поэтому воспроизведение с микрофона и с электропроигрывателя можно микшировать с одной из программ, подаваемых на третий канал через переключатель. В отличие от схемы, изображенной на рис. 7, здесь предусмотрен только один микрофонный усилитель. Это устройство отличается также тем, что в него встроен усилитель грамзаписи, рассчитанный на электромагнитный или электродинамический студийный звукосниматель. Предусмотрена также схема частотной коррекции при воспроизведении.

Вход микрофона рассчитан на низкоомный электродинамический или конденсаторный микрофон с повышающим трансформатором (1 : 15). Лампа $Л_1$ включена триодом. Опыт показывает, что эта лампа работает без фона, если ее анод и пентодная сетка заземлены. В данной схеме функцию анода выполняет экранирующая сетка. Работа первой лампы стабилизируется отрицательной обратной связью через конденсатор C_1 и сопротивление R_1.

Первая лампа усилителя грамзаписи $Л_3$ также охвачена отрицательной обратной связью. С нее сигнал подается на схему частотной коррекции (для большей наглядности схема приведена наверху справа). Двухполюсный пятипозиционный переключатель $П_2$ служит для получения оптимальных характеристик воспроизведения путем

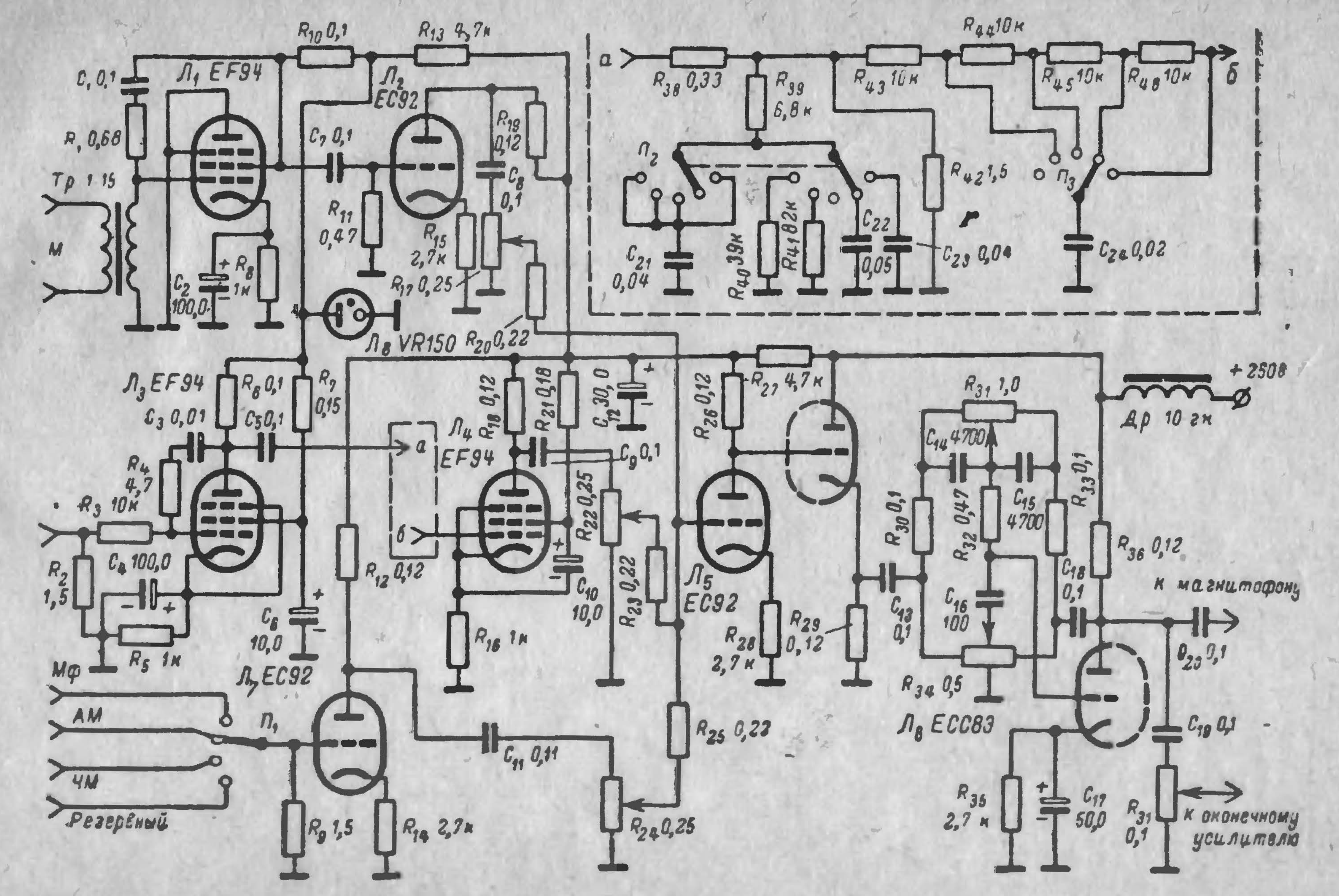


Рис. 8. Схема предварительного усилителя ВКЗ с тремя микшерными усилителями.

выбора степени подъема низших частот. С помощью переключателя $П_3$ выбирают степень ослабления воспроизведения высших частот.

Третий вход предназначен для подключения магнитофона (*МФ*) и радиоустановок (*АМ* и *ЧМ*). Напряжение с трех предварительных усилителей подается на регуляторы R_{17}, R_{22} и R_{24}, которые через сопротивления R_{20}, R_{23} и R_{25} соединены с управляющей сеткой первой лампы основного усилителя $Л_5$. Анод этой лампы непосредственно соединен с управляющей сеткой одного из триодов лампы $Л_6$, который работает в качестве катодного повторителя, понижая сопротивление входной цепи регуляторов тембра и тем самым делая ее менее восприимчивой к фону и потерям на высших частотах. Схема регуляторов тембра образует цепь отрицательной обратной связи. Преимущество такой схемы состоит в том, что она меняет положение точек на частотной кривой, с которых должен начинаться подъем.

Усилитель имеет два выхода. Один из них предназначен для магнитофона, а другой через регулятор громкости (R_{37}) соединяется с оконечным усилителем.

Интерес представляет способ стабилизации анодного напряжения предварительных ламп. Вместо конденсатора развязки применен стабилитрон на 150 *в*, 30 *ма*. Тип лампы не имеет большого значения. Во всяком случае она обеспечивает лучшую фильтрацию, чем очень большой электрический конденсатор.

ВЫХОДНОЙ УСИЛИТЕЛЬ ВКЗ МОЩНОСТЬЮ 20 *ВТ*

Оконечный усилитель, схема которого приведена на рис. 9, может быть подключен к предварительному усилителю, собранному по предыдущим схемам.

Предварительный и оконечный каскады собраны по известным схемам. Зато оригинально решен вопрос поворота фазы посредством лампы $Л_2$. Правый (по схеме) триод этой лампы выполняет функцию фазоинвертора. Каскад собран по самобалансирующейся схеме. Левый триод лампы $Л_2$, включенный по схеме катодного повторителя, поворачивает фазу на 180°. Таким образом, коэффициент усиления этой лампы равен 1.

Отрицательная обратная связь охватывает весь усилитель. Напряжение отрицательной обратной связи снимается со вторичной обмотки выходного трансформатора и через сопротивление R_{23} и конденсатор C_{12} подводится к катоду лампы $Л_1$. Значения R_{23} и C_{12} в зависимости от сопротивления промговорителя приведены в таблице.

$R_{гр}$, *ом*	C_{12}, *пф*	R_{23}, *ом*
4	3 900	150
7,5	1 200	240
15	2 000	300

В случае применения другого выходного трансформатора эти величины нужно подобрать опытным путем. Сопротивление R_{23} сна-

чала берут в 4 раза больше приведенного в таблице и определяют правильность фазировки вторичной обмотки трансформаторов. При правильной фазировке усиление заметно уменьшится. Затем сопротивление R_{23} уменьшают до тех пор, пока не появится генерация (к выходу подключают ламповый вольтметр). Емкость блокирующего конденсатора C_{12} подбирают такой, чтобы генерация прекратилась. Правда, этого не всегда удается добиться, особенно если вы-

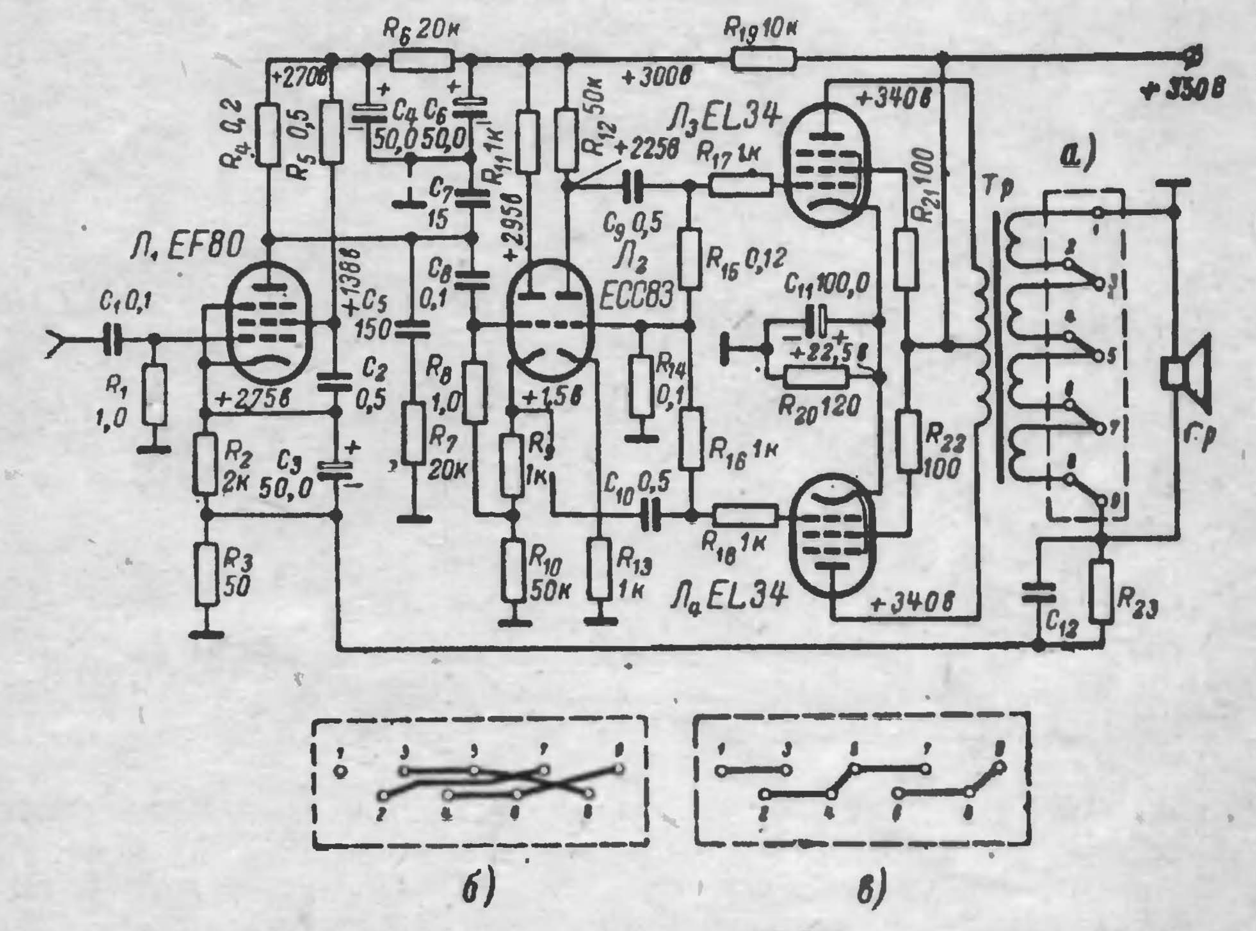


Рис. 9. Схема оконечного усилителя ВКЗ мощностью 20 *вт*.

а — схема включения вторичных обмоток выходного трансформатора при сопротивлении звуковой катушки громкоговорителя 15 *ом*; *б* — то же при сопротивлении в 7,5 *ом*; *в* — то же при сопротивлении 4 *ом*.

ходной трансформатор не отличается хорошим качеством. В этом случае необходимо снова увеличить сопротивление R_{23} до такой величины, при которой усилитель начнет работать без генерации. Конденсатор C_{12} даже при небольшой емкости обеспечит стабильную работу усилителя на пиках громкости. Описанный процесс «подгонки» иной раз отнимает много времени, но его необходимо выполнять с максимальной тщательностью.

ДВУХТАКТНЫЙ ОКОНЕЧНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТЬЮ 20 *ВТ*

Уже давно начали разрабатывать схемы усилителей, в которых выходной трансформатор не был бы столь критичным, а также схемы, в которых можно было бы вообще обойтись без него. Этим требованиям отвечает схема, в которой аноды оконечных ламп по постоянному току соединены последовательно, а по переменному — па-

раллельно. Так как нагрузку (громкоговоритель) можно подключать по мостовой схеме, исключая постоянную составляющую, то при определенных условиях (когда сопротивление звуковой катушки громкоговорителя равно заданному сопротивлению нагрузки) необходимость в трансформаторе отпадает. Изготовление же согласую-

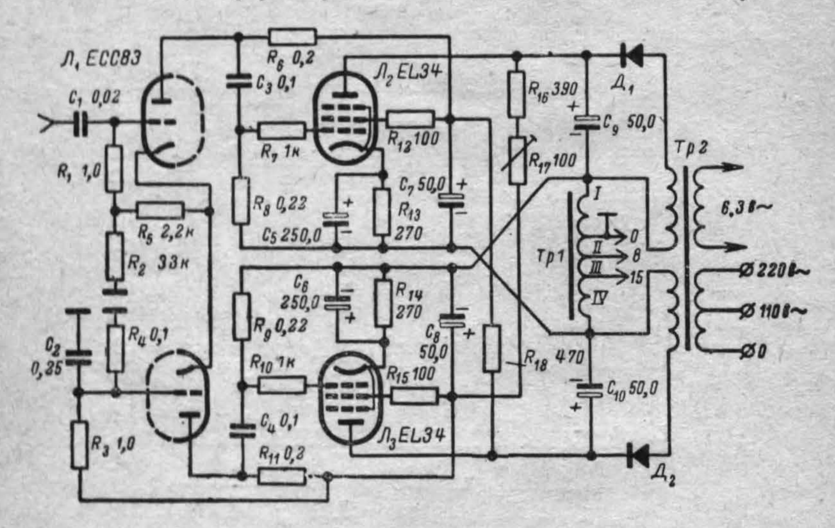


Рис. 10. Схема двухтактного оконечного усилителя ВКЗ мощностью 20 *вт*.

щего трансформатора, если таковой потребуется, значительно проще, так как лампы питаются помимо него и он, следовательно, имеет всего лишь одну обмотку.

Руководствуясь этими соображениями, была разработана схема последовательно-параллельного двухтактного усилителя ВКЗ, показанная на рис. 10.

Трансформатор питания имеет две обмотки анодного напряжения (по 270 *в* каждая). Постоянное напряжение на электролитических конденсаторах C_9 и C_{10} составляет 290 *в*, напряжение в цепи катода при холостом ходе 18 *в*. Примечательно, что конденсаторы в блоке питания не соединены с корпусом.

Напряжение смещения оконечных ламп $Л_2$ и $Л_3$ снимается с сопротивлений в цепи катода R_{13} и R_{14}. Целесообразно одно из них сделать переменным, чтобы иметь возможность точно отрегулировать симметрию в обеих оконечных лампах. Напряжение на экранирующую сетку лампы одного плеча подается из анодной цепи лампы другого плеча. В цепи экранирующей сетки лампы $Л_3$ включено переменное сопротивление R_{17}, служащее для подавления фона переменного тока. В случае сильного фона необходимо перефазировать одну из обмоток трансформатора питания. Сопротивления R_7, R_{10} и R_{12}, R_{15} в цепях управляющих и экранирующих сеток

оконечных ламп служат для защиты от возникновения генерации, их припаивают непосредственно к панелям ламп.

Напряжение на катоде лампы $Л_1$, верхняя половина которого работает в режиме усиления, а нижняя служит для поворачивания фазы, составляет 28 *в*. Управление нижним триодом осуществляется через общее сопротивление R_5 в цепи катода, т. е. аналогично усилителю, схема которого приведена на рис. 6. Для получения одинакового сеточного смещения для обоих триодов можно было бы (рис. 6) подключить управляющую сетку нижнего триода к точке соединения сопротивлений R_1, R_2, R_5. Вместо этого в рассматриваемой схеме для нижнего триода применен делитель напряжения R_3, R_4, C_2, который подает на управляющую сетку заданное напряжение и одновременно через конденсатор C_2 замыкает ее на шасси. Емкость конденсатора C_2 выбрана большой для того, чтобы на низших частотах возникла отрицательная обратная связь и усиление на частоте 50 *гц* подавлялось на 10% (фон практически становится неслышным), а на частоте 20 *гц* — на 50%. Ниже 20 *гц* усиление резко уменьшается. Такое построение схемы иногда вызывает некоторое недоумение, если сказать, что усилитель ВКЗ должен пропускать максимально широкую полосу частот. Однако радиолюбитель, имеющий опыт в обращении с высококачественными усилителями, знаком с их капризами. Тон с частотой 20 *гц* практически не прослушивается. Тем более не слышны тоны более низкой частоты. Если же наш «слишком хороший» усилитель возбудится на очень низких невоспринимаемых слухом частотах, то в результате перекрестной модуляции с прослушиваемыми тонами могут возникнуть помехи, сильно искажающие звуковую картину.

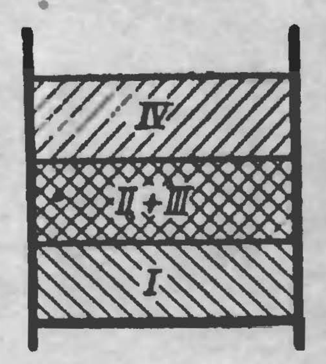


Рис. 11. Расположение обмоток выходного автотрансформатора.

Оконечный каскад охвачен отрицательной обратной связью. Оптимальная нагрузка оконечного каскада около 800 *ом*. Однако даже при другой нагрузке (например, при 600 или 1 600 *ом*) выходная звуковая мощность составляет 17,5 *вт*. К качеству выходного автотрансформатора $Тр_1$ не предъявляют столь больших требований, как для обычных двухтактных каскадов. Каждая лампа работает на целую обмотку, а так как лампы по переменному току соединены параллельно, общее сопротивление обмотки уменьшается до $^1/_4$ номинала. Для того чтобы получить полную симметрию и заземлить выходной зажим, средний отвод обмотки соединяют с шасси. Этот зажим служит одновременно нулевым проводом обмотки звуковой катушки, которая составляет часть общей обмотки автотрансформатора.

На рис. 11 показано расположение обмоток на каркасе автотрансформатора $Тр_1$. Сердечник состоит из пластин трансформаторного железа, собранных без зазора. Сечение среднего стержня сердечника равно 7,3 *см*². Обмотка *I* содержит 650 витков провода ПЭЛ 0,35; обмотка *IV* — 490 витков того же провода; обмотка *II* содержит 119 витков провода ПЭЛ 1,0; обмотка *III* — 41 виток того же провода.

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ БЕСТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ОКОНЕЧНЫЙ КАСКАД

Оконечный каскад предыдущего усилителя можно было бы в принципе считать «бестрансформаторным», так как если предусмотреть в громкоговорителе звуковую катушку сопротивлением

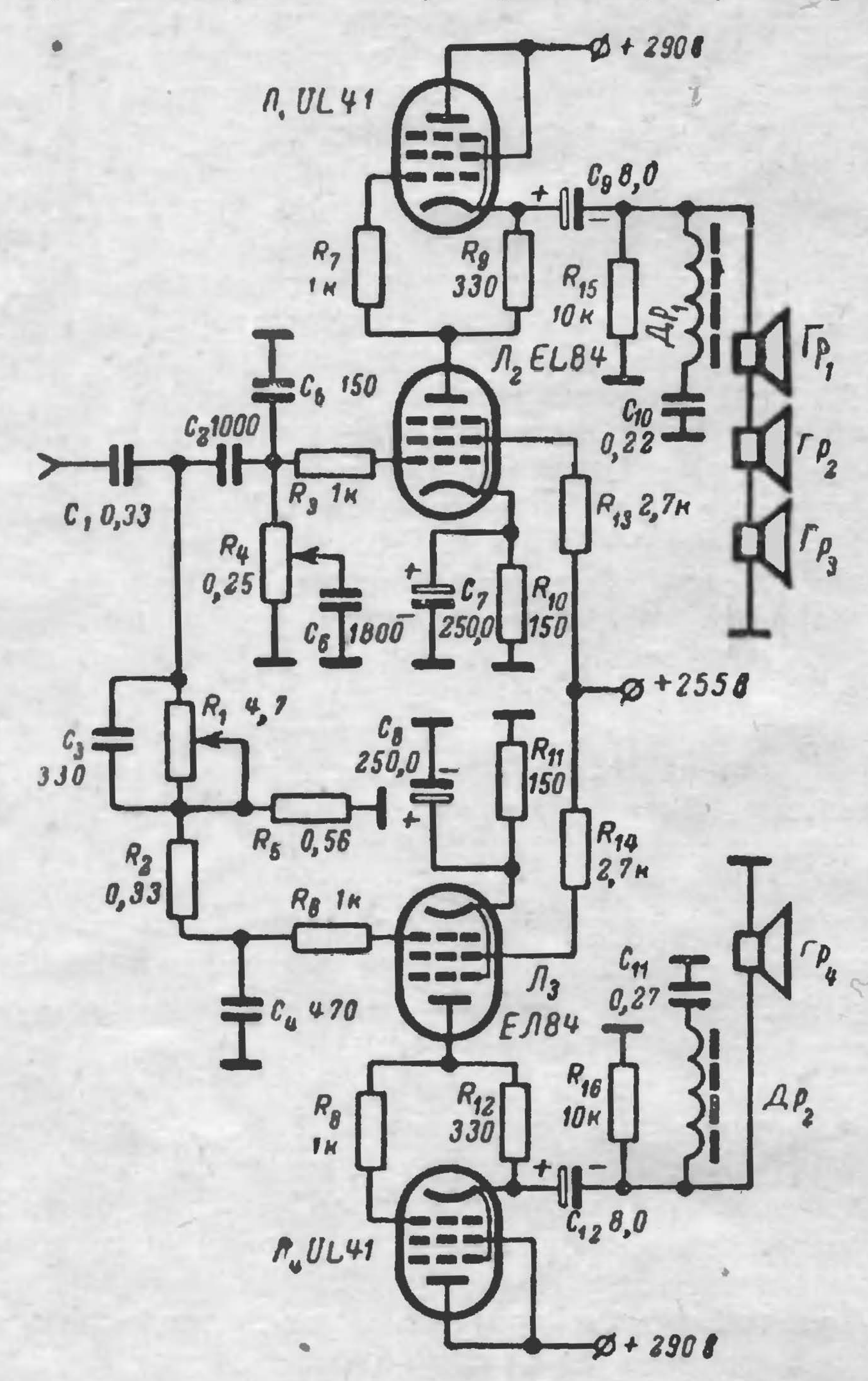


Рис. 12. Схема двухканального бестрансформаторного оконечного усилителя.

800 *ом* и включить его параллельно автотрансформатору $Тр_1$, то последний можно рассматривать как симметрирующий дроссель. В новых приемниках фирмы «Филипс» бестрансформаторные схемы применяются даже в однотактных оконечных каскадах, которые нагружают громкоговорители сопротивлением звуковой катушки 800 *ом*. Принцип действия этой схемы (рис. 12), собранной на пентодах EL84 и UL41, построен на том, что одна из ламп ($Л_2$) работает

в качестве ведущей, а другая ($Л_1$), работающая оконечной, включена триодом.

Напряжение низкой частоты подводится к управляющей сетке ведущей лампы и усиливается ею. Часть этого напряжения снимается с сопротивления R_9 и через сопротивление R_7 подводится к управляющей сетке оконечной лампы. Сопротивление R_9 одновременно выполняет функцию источника смещения этой лампы.

Обе лампы ($Л_1$ и $Л_2$) оконечного каскада включены по постоянному току последовательно. Таким образом, напряжение источника анодного питания распределяется между ними пропорционально сопротивлению этих ламп постоянному току. Громкоговорители подключены к катоду оконечной лампы через разделительный конденсатор C_9 большой емкости. Таким образом, обе лампы оконечного каскада, питающие громкоговоритель, оказываются включенными по переменному току параллельно. Благодаря этому оптимальное сопротивление нагрузки оконечного каскада при данных лампах и выбранном для них режиме питания равно 800 *ом.*

Разделение на два канала значительно упрощает цепи регуляторов тембра. Разделительный конденсатор C_2 в верхнем канале пропускает только высшие звуковые частоты, которые могут подавляться регулятором тембра R_4. В нижнем канале низкочастотные сигналы подводятся в основном к регулятору тембра R_1, а высокочастотные сигналы отфильтровываются конденсатором C_4 в цепи управляющей сетки лампы $Л_3$.

ИСТОЧНИКИ ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ АППАРАТУРЫ ВКЗ

МАГНИТОФОНЫ

Чтобы правильно ответить на вопрос, какой магнитофон лучше всего подходит к аппаратуре ВКЗ, придется прежде всего рассмотреть, что влияет на полосу воспроизводимых звуковых частот. Ширина полосы воспроизведения, в первую очередь, зависит от скорости движения ленты. При скорости 9,53 *см/сек* можно получить полосу частот от 50 до 10 000 *гц,* при скорости 19,05 *см/сек* полоса частот расширяется до 15 000 *гц.* Следовательно, магнитофон со скоростью движения ленты 19,05 *см/сек* гарантирует воспроизведение полосы частот, лежащих в пределах почти всего звукового диапазона. Лишь очень немногие люди воспринимают звуки с частотой выше 15 000 *гц*; во всяком случае дальнейшее расширение частотной характеристики не принесло бы заметного улучшения звучания.

А как же обстоит дело с наиболее широко распространенной в настоящее время скоростью 9,53 *см/сек*? Часто делают неправильный вывод и переоценивают разницу между частотами 10 000 и 15 000 *гц* в отношении их влияния на качество воспроизведения. В данном случае нельзя мыслить в абсолютных цифрах, а надо попытаться представить себе, как сказывается разница в частотах на гамме звуков. Отношение частот 2 : 3 (10 000 : 15 000) соответствует квинте, т. е. музыкальному интервалу, например, от «ре» до «ля». Следовательно, на рояле это составило бы ряд из пяти смежных белых клавиш или немногим более пол-октавы. Иными словами, вполне

можно поступиться этой квинтой на очень высоких тонах; взамен ее мы получим неоспоримое преимущество: возможность пользоваться меньшей скоростью движения ленты, а это в свою очередь увеличит время проигрывания и сократит потребление ленты. Многие слушатели вообще не заметят разницы в воспроизведении при скорости 9,53 и 19,05 *см/сек*.

Как правило, любителя высококачественного звучания вполне удовлетворят магнитофоны широкого пользования. Они характеризуются хорошей стабильностью звука и высоким отношением сигнал/шум. Что касается самодельных магнитофонов, то здесь многое зависит от того, насколько добросовестно они собраны, от правильной регулировки коррекции частотной характеристики и подбора величины тока подмагничивания, а также от качества сборки лентопротяжного механизма. Решение надо принимать в каждом конкретном случае отдельно. Каких-либо принципиальных возражений против применения таких магнитофонов не существует.

Наконец, надо подумать о том, какой конструкции (стационарный или переносный магнитофон) следует отдать предпочтение, какая схема наиболее целесообразна. Некоторые любители увлекаются записью вне дома. Для них, конечно, переносный (портативный) магнитофон более практичен, и они едва ли откажутся от встроенного оконечного каскада усилителя воспроизведения с контрольным громкоговорителем, дающим им возможность прослушать запись на месте. Остальных же вполне удовлетворит магнитофон без оконечного каскада и громкоговорителя. В этом случае запись воспроизводится в домашних условиях через установку ВКЗ.

Магнитофон или, точнее говоря, назначение, которое ему отводится, определяет выбор усилителя ВКЗ. В магнитофоне имеется микрофонный предварительный усилитель, поэтому нет смысла собирать его в усилителе ВКЗ. Однако надо иметь в виду, что в этом случае мы лишаемся возможности микшировать запись с микрофона с другими видами записей, так как микшируют непосредственно в усилителе ВКЗ. Здесь, следовательно, не остается ничего другого, как подключить микрофон к магнитофону и вести запись, минуя микшерное устройство. Разумеется, более универсален способ, когда все магнитные записи, в том числе и с микрофона, «прослушивают» дома через общий предварительный и микшерный усилитель. Тогда микрофон постоянно соединен с микшерным устройством, а в магнитофоне все записи ведутся через общий вход, т. е. через линию записи (рис. 7).

ЭЛЕКТРОПРОИГРЫВАТЕЛИ

К электропроигрывателю, входящему в комплект аппаратуры ВКЗ, предъявляются значительно более жесткие требования, чем к обычному проигрывателю при воспроизведении через радиоприемник.

Чтобы полностью использовать преимущества техники ВКЗ, проигрыватель должен пропускать очень широкую полосу частот. Характеристика воспроизведения должна по возможности соответствовать характеристикам записи, и вследствие того, что аппаратура ВКЗ сильно подчеркивает воспроизведение басов, необходимо максимально подавить шумы, вызываемые вибрацией электродвигателя.

Последнее потребовало от конструкторов разрабатывать проигрыватели, которые по своему внешнему виду походили бы на обычные, а по своим качественным показателям не уступали бы студийным.

К сожалению, по внешним признакам нельзя определить, подходит ли проигрыватель для наших целей, и, как правило, его нуж-

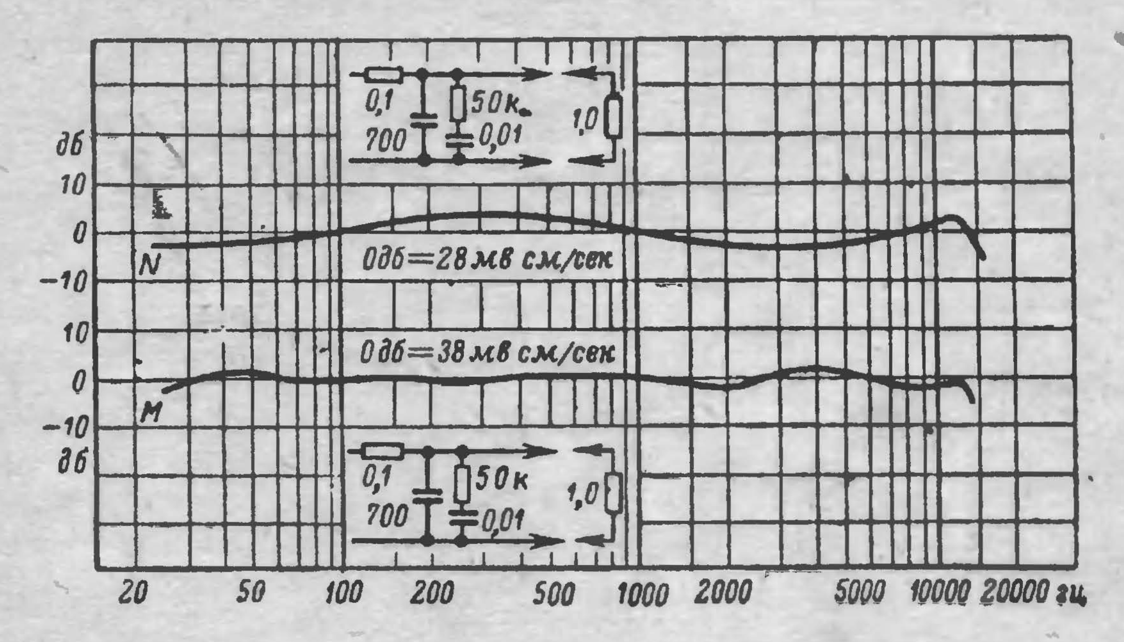


Рис. 13. Частотные характеристики пьезоэлектрических звукоснимателей.

N — при проигрывании обычных грампластинок; *M* — при проигрывании долгоиграющих грампластинок.

но испытать на месте в работе со всей установкой, если только заранее не известно, что именно проигрыватель данного типа характеризуется очень малой вибрацией.

Можно считать, что малая вибрация двигателя достигается прецизионным производством и весьма тщательной балансировкой. Кроме того, частично вместо двухполюсных электродвигателей начали ставить четырехполюсные, так как сокращение числа оборотов в 2 раза снижает величину разбаланса, а вибрационные частоты перемещаются в область низших звуковых частот, которые очень слабо воспринимаются ухом. Причины возникновения остаточных вибрационных шумов, их интенсивность и частота тщательно анализируются конструктором и сводятся до минимума тем, что различные узлы проигрывателя конструктивно выполняются в виде акустических фильтров.

Высокое качество пьезоэлектрических звукоснимателей (рис. 13) объясняется прецизионным производством подвижных деталей, амортизирующих приспособлений и их демпфирующими свойствами.

В то время как вибрация двигателя в известном смысле влияет на воспроизведение низших звуковых частот (при сильной вибрации невозможно в нужной степени поднять басы), от качества иглы зависит воспроизведение высших звуковых частот. Если ее конец сточен, игла не может следовать за всеми тонкими модуляциями канавки, которые «содержат» высокие частоты. Поэтому уход за иглой — одна из важнейших забот радиолюбителя. Ему следует время от времени проверять, не сточилось ли острие иглы. В лабо-

раториях и крупных мастерских для этих целей имеются специальные микроскопы, однако в домашних условиях удобнее всегда иметь новую запасную головку звукоснимателя, с помощью которой сравнивают качество воспроизведения старой головкой.

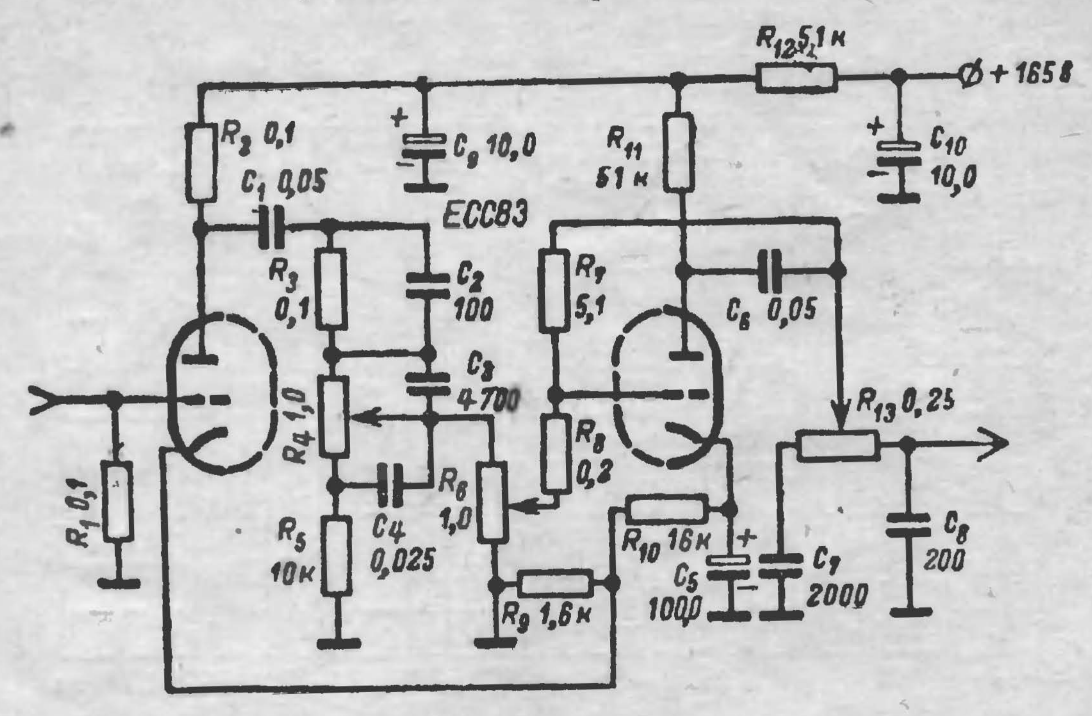


Рис. 14. Схема предварительного усилителя для пьезоэлектрического звукоснимателя.

Некоторые фирмы начали изготавливать алмазные иглы, которые тверже сапфировых (корундовых) и поэтому изнашиваются значительно меньше.

Высококачественные пьезоэлектрические звукосниматели позволяют получать звуковое напряжение порядка 500 *мв*, поэтому их

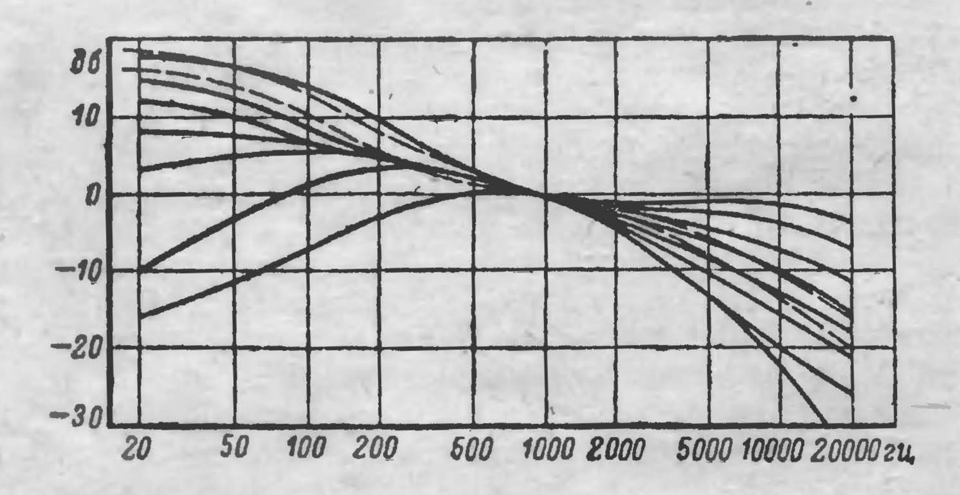


Рис. 15. Частотные характеристики усилителя (рис. 14).

можно подключать непосредственно к входным гнездам предварительного усилителя ВКЗ. Как видно из рис. 13, простые *RC*-фильтры позволяют достаточно хорошо согласовать частотные характеристики. Напротив, не так просто согласовать характеристику пьезоэлектрических звукоснимателей при воспроизведении с пластинок, имеющих более узкую полосу записанных частот. В этом случае

лучшие результаты дают электромагнитные звукосниматели с ламповой схемой коррекции частотной характеристики, позволяющей изменять характеристики всего тракта в очень широких пределах.

Некоторые зарубежные фирмы выпускают проигрыватели, разработанные специально для высококачественного воспроизведения обычных и долгоиграющих пластинок. Иногда они имеют свой

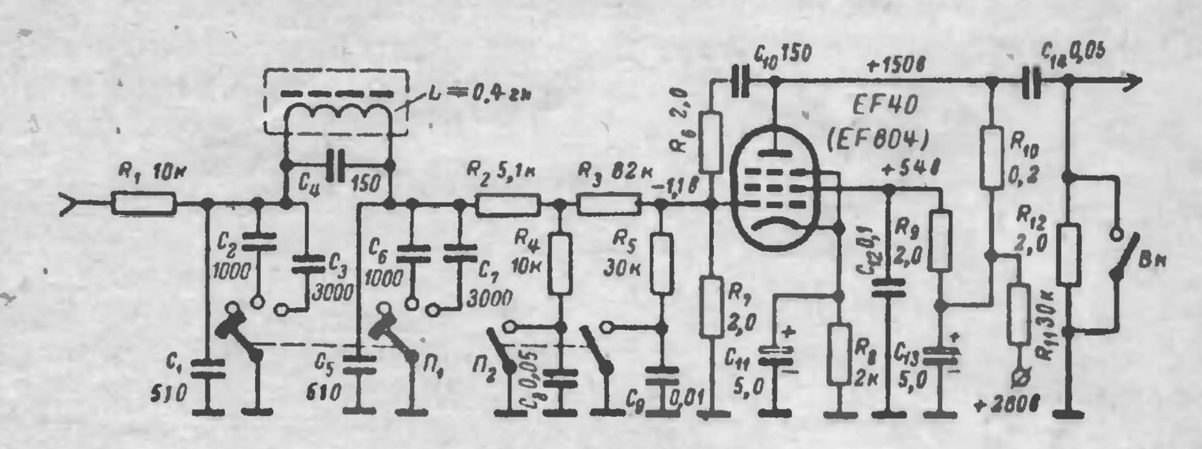


Рис. 16. Схема предварительного усилителя для электромагнитного звукоснимателя.

предварительный усилитель с возможностью регулирования частотной характеристики. Схема одного из них показана на рис. 14, а его характеристики — на рис. 15. В случае применения электромагнитного звукоснимателя схема предварительного усиления может быть такой, как показана на рис. 16. Можно с полным основанием утверждать, что с точки зрения слухового восприятия электромагнитный звукосниматель обладает более высоким качеством воспроизведения, чем пьезоэлектрический.

РАДИОПРИСТАВКИ

В качестве радиоприставок можно в принципе использовать любой современный АМ/ЧМ супергетеродинный приемник, в котором звуковое напряжение (рис. 17) снимается с верхнего конца регулятора громкости (с выхода детектора), а тракт низкой частоты отключается. Так как любитель высококачественного воспроизведения принимает только мощные, идущие без замираний и помех радиопередачи, то необходимость в КВ диапазоне отпадает.

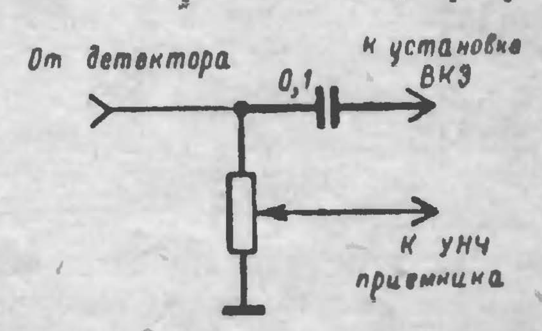


Рис. 17. Схема добавления к детектору приемника.

Кабель, несущий звуковую частоту, в некоторых случаях может достигать длины в несколько метров, следовательно, возникает опасность потерь на высших звуковых частотах из-за большой емкости кабеля. Для предотвращения этого после детектора встраивают каскад катодного повторителя (рис. 18), в результате чего линия становится низкоомной, потери на высших ча-

стотах уменьшаются и одновременно устраняется опасность возникновения фона. В приведенной схеме положение регуляторов громкости приемника не оказывает влияния на установку ВКЗ. Достоинство такого схемного решения заключается в том, что в приемнике остается тракт низкой частоты и радиоприставка может в случае необходимости работать как обычный приемник. Если же конденсатор связи подсоединить к движку регулятора громкости, то звуковое напряжение, снимаемое с выхода катодного повторителя и подаваемое на усилитель ВКЗ, можно регулировать также посредством приставки дистанционного управления.

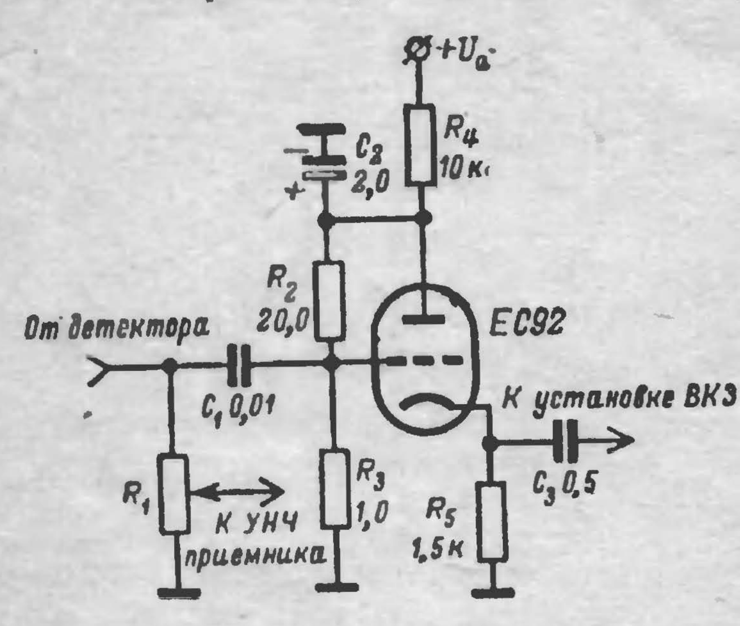


Рис. 18. Схема добавления к детектору приемника катодного повторителя для согласования полного сопротивления.

Опыт показывает, что любители часто вообще ограничиваются приемом только УКВ программ, так как их не удовлетворяет качество АМ передач. В низком качестве воспроизведения АМ передач «виновата» схема супергетеродинного приемника. Ее высокая избирательность является причиной срезания боковых полос. В некоторых приемниках почти не слышны частоты выше 2 500 *гц*. Разумеется, этот недостаток можно исправить с помощью фильтров промежуточной частоты с регулируемой шириной полосы. Однако следует иметь в виду, что при увеличении ширины полосы пропускания ухудшается избирательность, а из-за высокой чувствительности супергетеродинного приемника могут «пробиваться» мощные радиостанции, работающие на соседних частотах. Поэтому для наших целей прием дальних станций непригоден. Нас вполне удовлетворяет малочувствительный двухконтурный приемник с катодным детектором, ширина полосы пропускания которого позволяла бы вести высококачественный прием АМ передач.

Как правило, средне- и длинноволновые станции модулируются звуковыми частотами порядка 8—12 *кгц*, которые хорошо пропускаются двухконтурным приемником. Такой приемник может служить хорошим источником программ.

На рис. 19 показана схема средневолнового двухконтурного приемника-приставки. Неподвижная ферритовая антенна позволяет вести уверенный прием местной радиостанции. Она настраивается сдвоенным конденсатором переменной емкости C_1, C_6. Напряжение с антенны подается на каскад предварительного усиления высокой частоты, собранный на лампе $Л_1$. Потенциометр R_2 предназначен для регулирования громкости или чувствительности. Первичная обмотка L_2 высокочастотного трансформатора включена в цепь анода первой лампы, а вторичная обмотка L_3 настраивается секцией C_6 конденсатора переменной емкости.

Левый триод лампы $Л_2$ работает по схеме катодного детектора. Правый триод этой лампы служит для предварительного усиления низкой частоты. В ряде случаев этого усиления не требуется. Тогда следует включить этот триод по схеме катодного повторителя, приведенной на рис. 18 (коэффициент усиления катодных повторителей

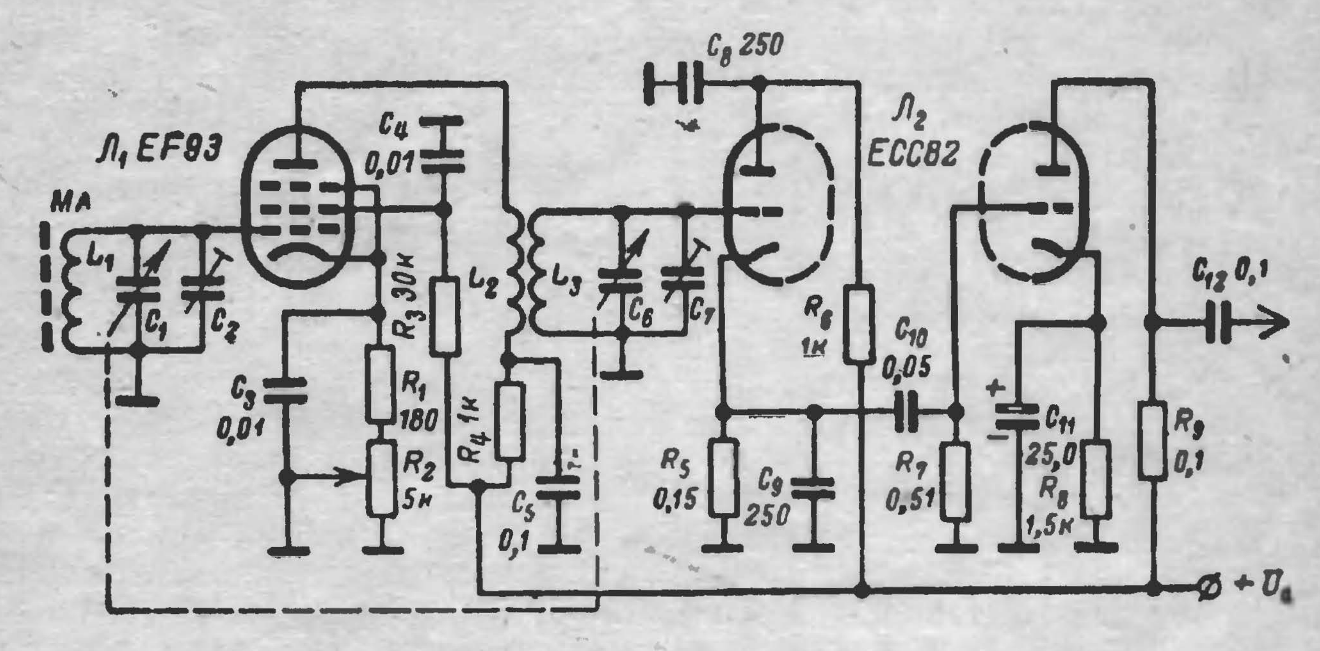


Рис. 19. Схема приставки-приемника.

равен примерно 1 и они служат для согласования сопротивления нагрузки). В результате этого получается низкоомный выход.

Другое схемное решение приведено на рис. 20. Эта приставка выполнена в виде двухконтурного приемника на полосовых фильт-

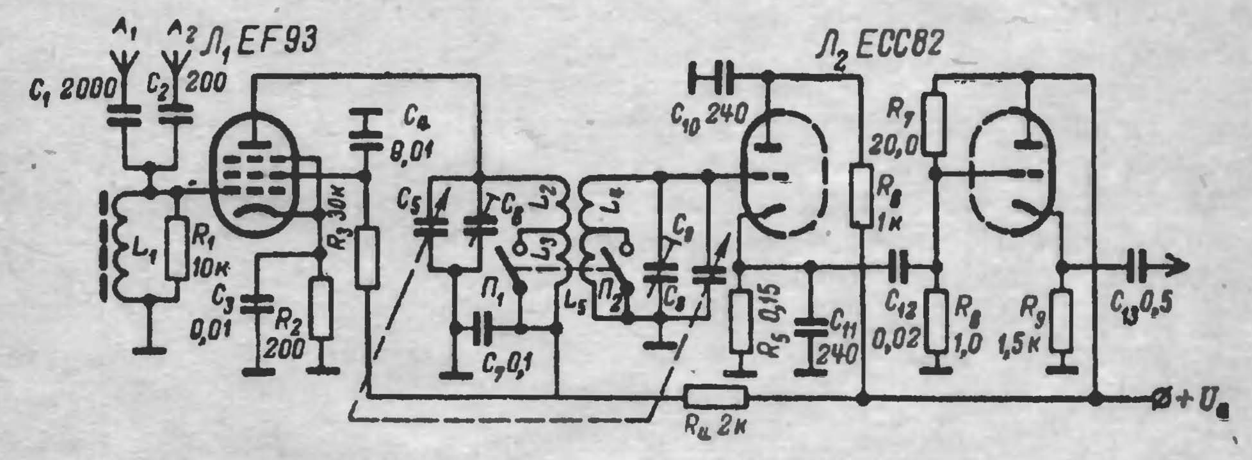


Рис. 20. Схема приставки-приемника на два диапазона.

рах с ДВ и СВ диапазонами. Сеточный контур в первом каскаде не настроен, а первый контур полосового фильтра включен в цепь анода лампы $Л_1$. На выходе второго контура включен катодный детектор, за которым следует выходной каскад. Схема отличается высокой надежностью, так как каскад высокой частоты свободен от паразитных связей.

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ ДЛЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

Мало иметь громкоговоритель высокого качества. Надо еще позаботиться о хорошем воспроизведении низких звуковых частот (акустические экраны или ящики больших размеров) и о согласовании сопротивления излучения диффузора с окружающим объемом воздуха. Для отличного воспроизведения высших звуковых частот необходимо добиться их правильного распределения, чтобы они прослушивались с одинаковой громкостью в любом месте комнаты.

Есть различные средства для достижения поставленных целей. Однако идеального рецепта для этого не существует. Некоторые решения, весьма просто выглядящие на бумаге, неприемлемы из-за своей высокой стоимости. От других же можно ждать успеха только при наличии измерительных устройств (заглушенные камеры, измерители звукового давления и пр.), которые практически недоступны радиолюбителю. Прочитав в какой-либо книге о новом «чудесном» фазоинверторе с указанием всех необходимых размеров, надо учитывать, что даже при самом точном исполнении придется много повозиться с настройкой фильтров или с конфигурацией нижнего отверстия. Вполне возможно, что радиолюбитель вообще не получит желаемого результата, например, из-за того, что не совпадают частоты собственного резонанса громкоговорителя, указанного в описании и громкоговорителя у любителя. Однако, разумеется, никогда не следует отчаиваться, а надо продолжать упорно экспериментировать.

ПРАВИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗВУКА НА ВЫСШИХ ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТАХ

Для воспроизведения высших звуковых частот в настоящее время отдают предпочтение электродинамическим громкоговорителям с диаметром диффузии от 6 до 12 *см*. Пьезоэлектрические и электростатические громкоговорители не получили широкого распространения. Первые (хотя и недороги) не удовлетворяют по своему качеству звучания, а у электростатических громкоговорителей невелик к. п. д. Громкоговорители обоих типов могут подключаться только к высокоомному выходу, и это влечет за собой дополнительные трудности, особенно при длинных линиях (например, мероприятия по защите от прикосновения к токоведущим частям, потери, вызываемые емкостью кабеля, и т. п.).

Для расширения диаграммы направленности излучения на высших звуковых частотах применяют акустическую систему объемного звучания 3*D*. В простейшем случае для этого два громкоговорителя, расположенные под углом, направляют на стены или потолок помещения, считая, что при этом можно получить необходимое рассеяние звука. Еще лучше использовать несколько высокочастотных громкоговорителей, чтобы они под различными углами излучали влево, вправо, вверх и вниз. Очень хорошие результаты дает применение так называемого сферического излучателя. В сфере, точнее говоря в двенадцатиграннике диаметром около 30 *см*, располагают двенад-

цать маленьких громкоговорителей (диаметром 6,5 *см*), которые излучают звук в различных направлениях. Они перекрывают диапазон частот от 1 000 до 15 000 *гц*, а для воспроизведения басов имеется особый низкочастотный громкоговоритель. Благодаря излучению звука в двенадцати направлениях диаграмма направленности значительно расширяется, даже в самом дальнем углу комнаты прослушиваются очень высокие шипящие звуки. Сферический излучатель устанавливают в комнате, а электродинамический рупорный громкоговоритель встраивают в ящик, в котором размещены низкочастотные громкоговорители.

В последнее время получили распространение громкоговорители, построенные по принципу камеры давления. Они характеризуются очень хорошим коэффициентом полезного действия; ширина диаграммы направленности составляет 45° при полосе воспроизводимых частот от 1 500 до 15 000 *гц*. Для озвучивания обычной жилой комнаты достаточно двух таких рупорных громкоговорителей.

ПУТИ ХОРОШЕГО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ НИЗШИХ ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ

Отличное воспроизведение низших звуковых частот мог бы дать громкоговоритель с экспоненциальным рупором, как это делается в кинозале. Однако от этой идеи приходится отказаться, так как такой рупор, рассчитанный на нижнюю граничную частоту 50 *гц*, был бы столь велик, что не поместился бы в комнате.

Часто пользуются специальным низкочастотным громкоговорителем (диаметр диффузора 30—40 *см*), к которому через фильтр подводят спектр звуковых частот от 30 до 500 *гц*. Через другой фильтр нагружают один или несколько среднечастотных громкоговорителей (с диаметром диффузора около 20 *см*), с которыми через конденсаторы параллельно соединено несколько высокочастотных громкоговорителей. При таком соединении отдельных громкоговорителей в один акустический агрегат возникают первые трудности. Было бы совершенно неверно без разбора подключать любые оказавшиеся под рукой громкоговорители, ибо здесь дело идет не только о правильном согласовании с усилителем. Громкоговорители должны также подбираться с учетом их мощности и полосы воспроизведения частот. Самое лучшее — это постараться купить готовый акустический агрегат заводского производства.

Вместо одного низкочастотного громкоговорителя с очень большим диффузором можно соединить последовательно (или параллельно) несколько широкополосных громкоговорителей обычного размера (диаметром 25 *см*). Тогда получится так называемая «группа излучателей».

Несколько громкоговорителей, расположенных на одной отражательной доске и работающих синфазно, по качеству воспроизведения не уступает одному низкочастотному громкоговорителю с очень большим диффузором, так как отдельные диффузоры, действуя в такт, лучше приводят в колебание воздух, чем один диффузор (даже при условии, что к нему подводится такая же мощность, как и ко всей группе излучателей). Кроме того, комбинация из нескольких одинаковых громкоговорителей позволяет расширить частотный диапазон в сторону низших частот, тогда как излучение

одного громкоговорителя диаметром 25 *см* на частотах ниже 60 *гц* сильно ослабевает. Четыре таких громкоговорителя довольно хорошо воспроизводят частоты порядка 40 *гц*. По качеству воспроизведения они не уступают специальному низкочастотному громкоговорителю с диаметром диффузора 35 *см*. Разница заключается лишь в том, что они одновременно хорошо воспроизводят и средние частоты. Следовательно, отпадает необходимость в разделительном

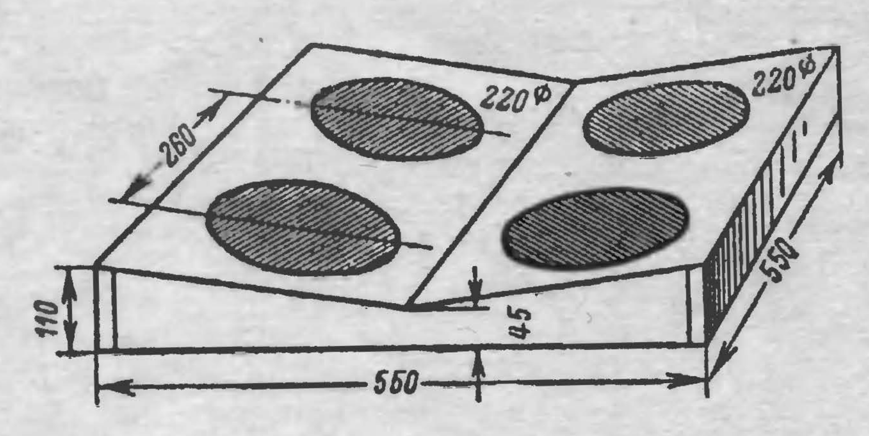


Рис. 21. Устройство «изогнутой» отражательной доски для громкоговорителей.

фильтре для низких частот, расчет и наладка которого иной раз отнимают много времени.

Если же выбрать акустический агрегат, состоящий из основного и высокочастотного громкоговорителей (последний рассчитан на полосу частот от 3 000 до 15 000 *гц*), то проблему согласования можно считать решенной. Хорошие результаты дает установка четырех громкоговорителей на отражательных досках, расположенных под углом (рис. 21) таким образом, что у двух из них диаграмма излучения «сдвинута» несколько вправо, а у двух других — влево. Это позволяет лучше распределить высшие звуковые частоты.

Совершенно ясно, что громкоговорители должны работать синфазно. Это значит, что все диффузоры в определеный момент времени должны двигаться в одном направлении. Проверяют их путем подключения батареи: при правильной фазировке все диффузоры движутся либо вперед, либо назад. В противном случае у громкоговорителя меняют местами выводы от звуковой катушки.

В акустическом агрегате, собранном из четырех однотипных громкоговорителей, несложно устранить один недостаток, присущий любому громкоговорителю. В момент поступления полуволны и втягиваний диффузора внутрь индуктивность звуковой катушки (а следовательно, и ее полное сопротивление) незначительно возрастает. При движении диффузора в противоположную сторону сопротивление, напротив, уменьшается. Это явление особенно пагубно сказывается на воспроизведении очень низких частот, когда амплитуда колебаний диффузора достигает большой величины и его движения становятся несимметричными. Если же укрепить два громкоговорителя нормально, т. е. расположив их позади отверстий в отражательной доске, а два другие выдвинуть вперед на толщину отражательной доски, то эта незначительная несимметричность компенсируется, в результате чего воспроизведение басов становится более

четким. Для сохранения синфазности необходимо перефазировать оба «перевернутых» громкоговорителя. Автор испытал этот способ и должен отметить, что качество воспроизведения заметно улучшается. Поэтому такую конструкцию можно рекомендовать, тем более, что ее выполнение не связано с дополнительными расходами.

СОГЛАСОВАНИЕ ГРУПП ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Иногда много трудностей доставляет согласование с выходом усилителя отдельных разнотипных громкоговорителей, входящих в акустическую систему. Если имеется группа однотипных громко-

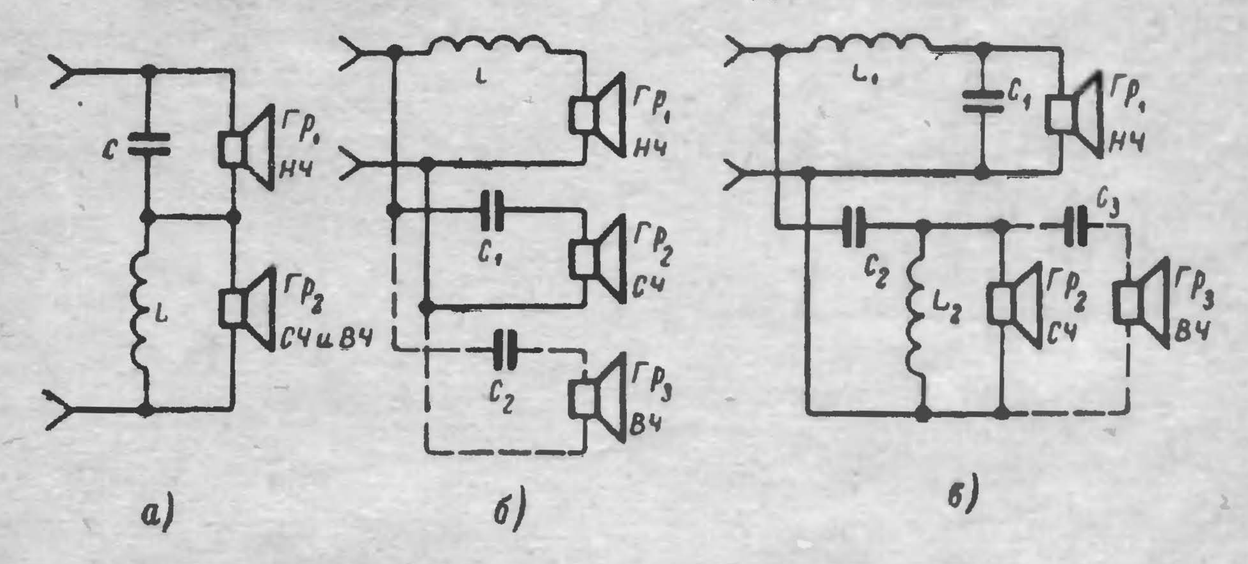


Рис. 22. Схемы фильтров для разделения полосы звуковых частот на каналы.

а — на два канала; *б* — на три канала; *в* — на два (три) канала.

говорителей, то следует лишь позаботиться о равномерном распределении выходной (звуковой) мощности и диапазона частот. Значительно сложнее обстоит дело с акустической системой, состоящей из громкоговорителей разных типов (см. стр. 42). Эта задача значительно упрощается, если все громкоговорители (для воспроизведения низших, средних и высших частот) имеют одинаковое полное сопротивление. В этом случае можно обойтись одним фильтром, как это показано на рис. 22,*а*. Элементы L и C фильтра рассчитывают с учетом заданной граничной частоты f, причем их полное сопротивление должно равняться сопротивлению звуковой катушки

$$L = \frac{1\,000Z}{2\pi f} \quad \text{и} \quad C = \frac{160\,000}{Zf},$$

где Z — полное сопротивление громкоговорителя, *ом*;
f — заданная граничная частота, *гц*;
L — индуктивность дросселя фильтра, *мгн*;
C — емкость конденсатора фильтра, *мкф*.

На рис. 22,*а* сопротивление на выходе усилителя составляет 15 *ом*. Такое же сопротивление имеют звуковые катушки средне-(высоко)частотного и низкочастотного громкоговорителей. Хотя оба громкоговорителя соединены последовательно, для блокирования

низших звуковых частот среднечастотный громкоговоритель шунтируется индуктивностью, а низкочастотный — емкостью (для «отсева» средних и высших частот). На другой схеме (рис. 22,*б*) громкоговорители соединены параллельно. Входной дроссель L препятствует проникновению высших и средних звуковых частот к низкочастотному громкоговорителю $Гр_1$, а конденсаторы C_1 и C_2 задерживают низшие частоты, не допуская их к среднечастотному и высокочастотному громкоговорителям. Сопротивление на выходе усилителя попрежнему остается равным 15 *ом*. Специальный высокочастотный громкоговоритель $Гр_3$ («пищалку») соединяют через конденсатор параллельно среднечастотному (показано пунктирной линией), при этом емкость конденсатора C_2 рассчитывается на частоту, например, 4 000 *гц*. В высокочастотном канале дроссель не обязателен. На очень высоких звуковых частотах полное сопротивление среднечастотного громкоговорителя увеличивается с повышением частоты, и, таким образом, нет основания опасаться потери мощности.

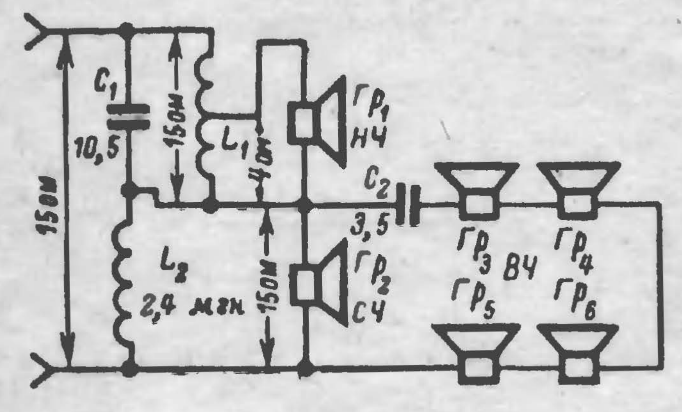


Рис. 23. Схема согласования низкочастотного громкоговорителя при помощи автотрансформатора.

На рис. 22,*в* показана схема с фильтрами высших и низших частот, состоящими из емкостей и индуктивностей. Данная схема характеризуется более четким разделением частотных диапазонов. Здесь почти исключаются провалы в частотной характеристике в области перекрытия диапазонов (например, в результате сдвига фаз между движениями диффузоров) или искажений за счет резонанса.

Решение вопроса о том, как следует разделить частоты, подводимые к громкоговорителям, зависит от их параметров. Несмотря на это, можно рекомендовать следующие ориентировочные данные: полосу частот на три канала (низших, средних и высших частот) разделяют на частотах 500 и 3 000 *гц*; при двух каналах — на частоте 1 000 или 3 000 *гц*. Частоту 1 000 *гц* выбирают в том случае, если высокочастотный громкоговоритель хорошо работает в этой полосе (например, сферический или рупорный). Для электродинамических громкоговорителей с закрытым сзади диффузородержателем выбирают граничную частоту 3 000 *гц*. Употребительные значения L и C разделительных фильтров указаны в таблице. Они рассчитаны для громкоговорителей с полным сопротивлением 4 и 15 *ом*. Обе эти величины удобны: например, четыре 4-омных громкоговорителя, включенных последовательно, эквивалентны одному 15-омному громкоговорителю, а четыре 15-омных громкоговорителя, соединенных параллельно,— 4-омному громкоговорителю. Если по каким-либо причинам указанные значения не могут быть соблюдены, приходится пользоваться автотрансформатором, который «подгоняет» эти значения до требуемой величины. Это поясняется примером на рис. 23, где сопротивление выхода усилителя около 15 *ом*, сопротивление четырех 4-омных высокочастотных громкоговорителей $Гр_3$, $Гр_4$, $Гр_5$ и $Гр_6$, соединенных последовательно, 15 *ом* и сопротивление низкочастотного громкоговорителя $Гр_1$ 4 *ом*.

Значения L и C в фильтрах

Граничная частота, *гц*	L, *мгн*		C, *мкф*	
	4 *ом*	15 *ом*	4 *ом*	15 *ом*
500	1,3	4,8	80	21
1 000	0,64	2,4	40	10,5
3 000	0,26	0,8	13	3,5

Сопротивление низкочастотного громкоговорителя с помощью автотрансформатора L_1 ($n=2:1$) доводится до 15 *ом*, так как его полное сопротивление увеличится пропорционально квадрату коэффициента трансформации ($2 \cdot 2=4$) с 4 *ом* до 16 *ом* (округленно 15 *ом*). Для этого берут сердечник от трансформатора подходящей мощности и определяют число витков для заданного полного сопротивления, затем делают перерасчет на 16 или 15 *ом* и прибавляют 100%. Так как площадь окна сердечника для одной обмотки более чем достаточна, провод можно взять диаметром порядка 1 *мм*. Хорошая передача в канале низших звуковых частот достигается благодаря увеличению числа витков и сборки сердечника без воздушного зазора. О других частотных каналах можно не заботиться, так как для них этот трансформатор заблокирован конденсатором C_1.

Ориентировочные данные ВЧ дросселей

Индуктивность, *мгн*	Число витков
0,66	200
1,1	250
1,3	265
1,7	300
3,4	425

Индуктивность дросселей подгоняется путем увеличения или уменьшения некоторого количества витков. В качестве больших емкостей применяют обычно низковольтные электролитические конденсаторы. Нужные емкости подбирают, соединяя конденсаторы параллельно. Впрочем, отклонение на ±10% от заданной величины большого значения не имеет, они сами по себе возможны вследствие заводских допусков, а сдвиг частоты раздела остается в допустимых пределах. В таблице приводятся некоторые ориентировочные данные по дросселям, которые могут служить основой для примерного расчета других значений L.

Провод ПЭЛ диаметром 1,2 *мм* наматывают на каркасе диаметром 25 и длиной 50 *мм*. В каждом слое по 32 витка.

ЯЩИКИ ДЛЯ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Для аппаратуры ВКЗ громкоговорители, заключенные в ящик размером с радиоприемник, не годятся из-за неудовлетворительного воспроизведения басов, плоские акустические экраны едва ли могут служить украшением комнаты, а громкоговорители с экспоненциальным рупором слишком громоздки. Поэтому практическое распространение получили крупногабаритные открытые или закрытые ящики и фазоинверторы. Рассмотрим их преимущества и недостатки.

Ящик без задней стенки объемом 200 *дм*^{3}, поставленный в 10 *см* от стены комнаты, обеспечивает сильный подъем частотной характе-

ристики на частотах порядка 100 *гц*. На более низких частотах кривая воспроизведения круто спадает. Закрытые же ящики должны быть очень больших размеров. Внутри их стенки надо обивать войлоком толщиной от 2 до 4 *см* или другим звукопоглощающим материалом. Для громкоговорителя с диаметром диффузора 38 *см* требуется ящик объемом от 350 до 500 *дм*³. Такой ящик обладает

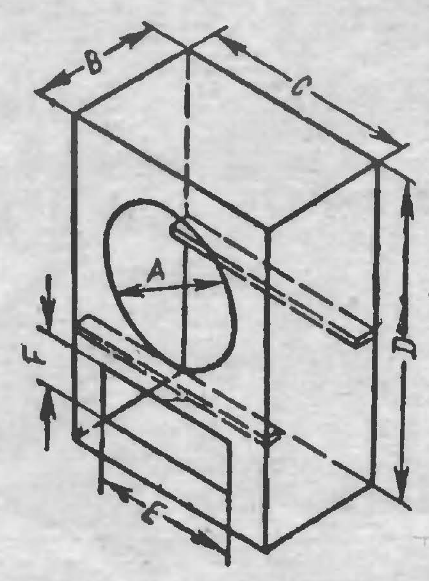


Рис. 24. Устройство фазоинвертора для громкоговорителя.

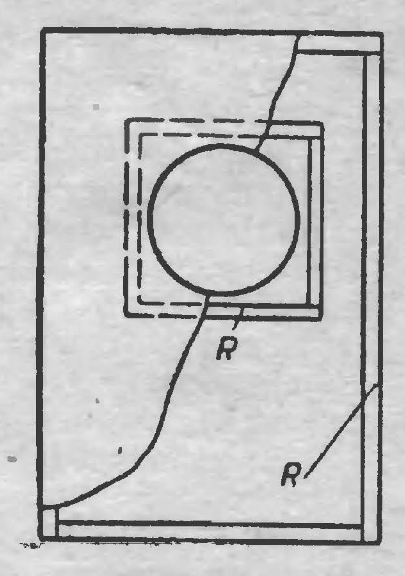


Рис. 25. Разрез стенки ящика, заполняемый песком.

отличными акустическими свойствами. Для громкоговорителей с меньшим диаметром диффузора объем ящика можно сократить до 200—300 *дм*³.

По сравнению с закрытыми ящиками размеры фазоинвертора можно уменьшить. Собственный резонанс объема воздуха в ящике должен совпадать с собственным резонансом громкоговорителя. Следовательно, габариты ящика зависят от типа громкоговорителя, и после его установки необходимо очень тщательно подстроить фазоинвертор, уменьшая или увеличивая (например, шторкой) нижнее отверстие для выхода звука. При правильной настройке получают два резонансных пика, находящихся на равном расстоянии по обе стороны от резонанса громкоговорителя. Обойтись без такой настройки невозможно. Желательно иметь хотя бы генератор звуковых частот, так как на слух хороших результатов от настройки получить невозможно.

При расчете фазоинвертора рекомендуем пользоваться данными, приведенными в таблице и на рис. 24. Окончательная настройка, как указывалось выше, выполняется с помощью заслонки (шторки).

Если принято решение сделать ящик самостоятельно, то надо помнить о том, что его стенки должны быть жесткими и не вибрировать от звуковых волн. Можно рекомендовать вместо массивных листов фанеры взять деревянные планки сечением 30×30 *мм* и сколотить из них раму (на рис. 25 обозначены буквой *R*) и обить их с двух сторон 6-миллиметровой фанерой или листами из древесного волокна. Пространство между листами заполняют речным песком, плотно его утрамбовывая. Для предотвращения резонанса в закры-

Размеры фазоинвертора, показанного на рис. 24

Диаметр диффузора, *см*	Объем ящика, *дм*³	Размер нижнего отверстия, *см*²	*A*, *см*	*B*, *см*	*C*, *см*	*D*, *см*	*E*, *см*	*F*, *см*
44	210	560	40	37,5	66,5	84	40	14
37	165	440	34	30,4	60	81	34,5	12,7
30	118	380	28	28	56	75	26,6	14,6
25	89,5	298	22,8	24	50	67	27,6	10,8
20	60,5	161	17,5	26,7	40,5	56	17,5	9,2
15	34,3	125	14	19,7	35,5	49	14	8,9

Примечание. Для *B*, *C* и *D* указаны внутренние размеры.

тых ящиках их стенки обивают звукопоглощающим материалом толщиной от 2 до 4 *см*. Для этих целей пригодны вата (огнеопасно!), стекловата, войлок и т. п. Рассчитывая объем ящика, надо учитывать пространство, занимаемое громкоговорителем и звукопоглощающим материалом. Следовательно, его надо суммировать с внутренними размерами ящика.

УГЛОВОЙ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ

Самый простой громкоговоритель, отвечающий требованиям ВКЗ и доступный по своей стоимости, это угловой громкоговоритель (рис. 26). Широкополосный громкоговоритель крепится на отражательной доске размерами 160×50 *см*, укрепляемой в углу комнаты. Продольные стороны доски и крышки в форме треугольника должны вплотную прилегать к стене, для чего делается прокладка из войлока. Это устройство представляет собой нечто среднее между фазоинвертором (отверстие шириной 10 *см* между по-

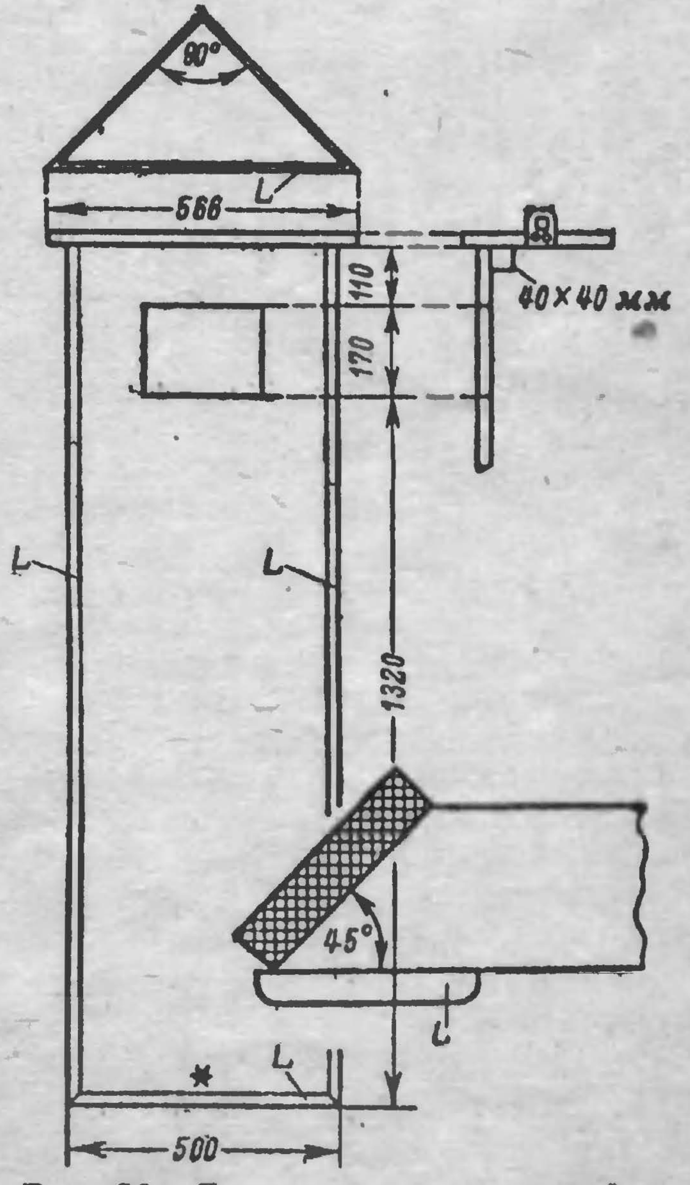


Рис. 26. Ящик, предназначенный для установки в углу комнаты.

лом и нижним краем отражательной доски), очень большой отражательной доской (ее размеры увеличиваются за счет стен комнаты) и акустическим звукопроводом треугольного сечения. Расположение устройства в углу комнаты способствует хорошему распределению звука. Несмотря на то, что используется всего лишь один широкополосный громкоговоритель, это устройство характеризуется очень хорошим воспроизведением звука, значительно лучшим, чем в других устройствах примерно той же стоимости. Автор еще более повысил качество

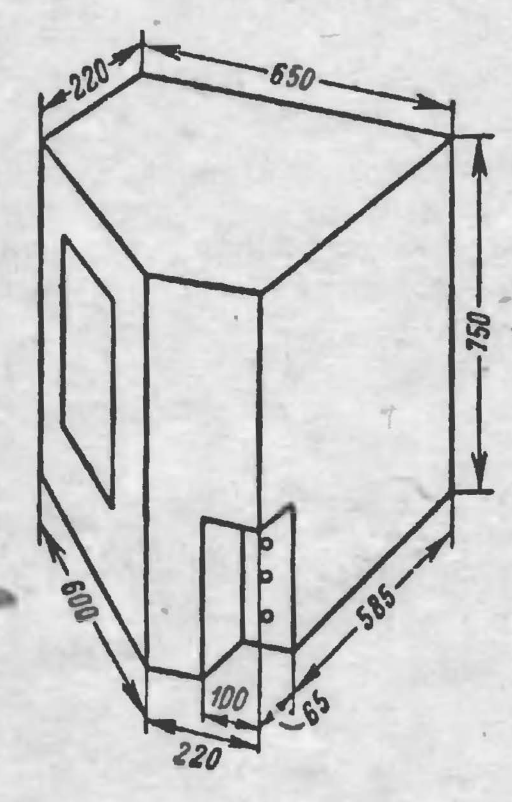


Рис. 27. Вариант закрытого ящика для установки в углу комнаты.

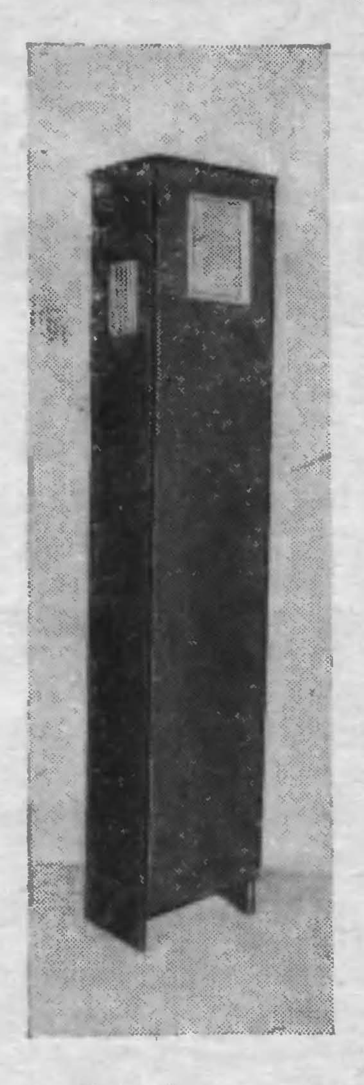


Рис. 28. Акустическая колонка со звуковым волноводом.

воспроизведения, укрепив на треугольной крышке высокочастотный громкоговоритель. Последний прикреплен под некоторым углом так, что диаграмма направленности обращена наклонно вверх (к потолку комнаты), а это способствует еще лучшему распределению высших частот.

Еще один вариант ящика для акустического агрегата, предназначенного для установки в углу комнаты, показан на рис. 27. Его стенки выложены звукопоглощающими плитками толщиной 5 *см*. В ящике установлены два громкоговорителя.

Другой вариант акустического агрегата (рис. 28) можно рекомендовать для установки в помещении, в котором углы заняты мебелью. Его можно поставить в любом месте комнаты, причем по качеству воспроизведения он мало уступает угловому громкоговорителю. Высота агрегата 170 *см*, глубина 20 *см*, размеры передней

стенки 160×33 *см* (внизу имеется отверстие шириной 10 *см*). Ящик выполнен из 20-миллиметровой фанеры. Спереди крепится широкополосный громкоговоритель, а с боков — два высокочастотных.

Следует указать, что геометрические размеры (ширина и глубина) не критичны; важен объем воздуха, заключенного в ящике. Для

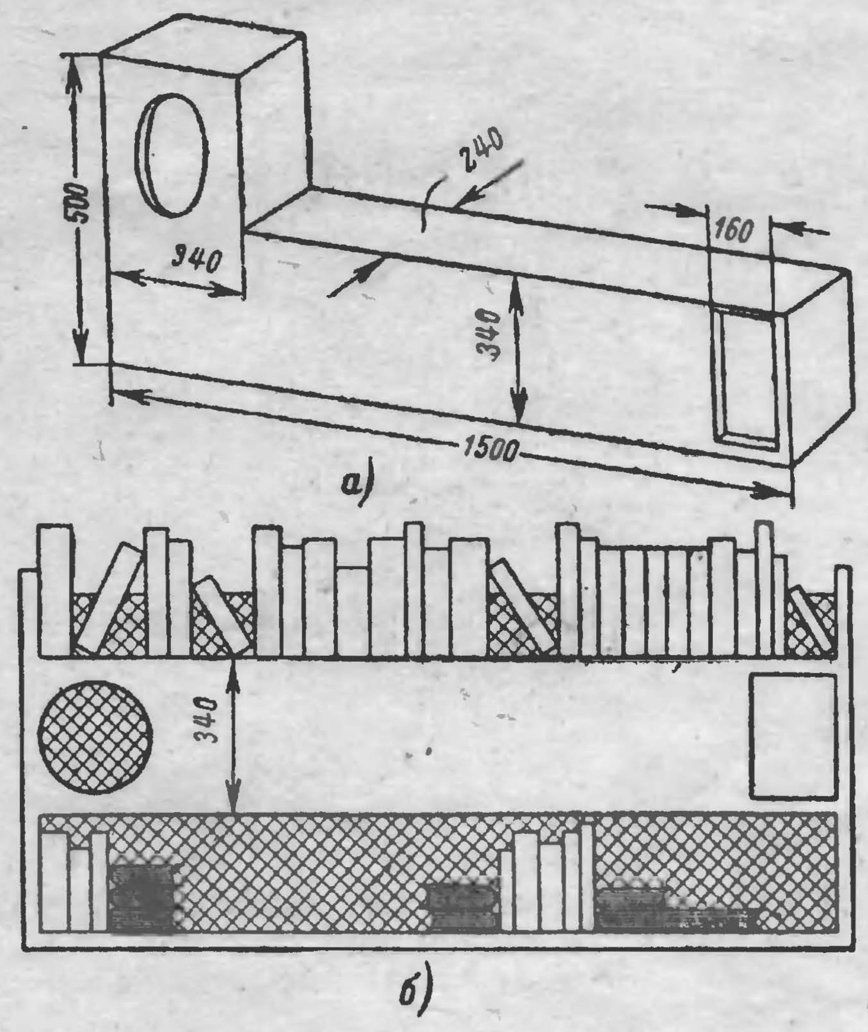


Рис. 29. Варианты замаскированного громкоговорителя.

а — в виде скамейки; *б* — в виде книжной полки.

избежания случайностей можно несколько увеличить указанные размеры. «Звукопровод» также не должен быть обязательно прямым, он может иметь изгиб, как показано на рис. 29, и быть замаскирован под скамью (рис. 29,*а*) или под книжную полку (рис. 29,*б*).

АКУСТИЧЕСКИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ НИЗШИХ ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ

Размеры ящика, имеющего вид пятигранной призмы и рассчитанного на установку в углу комнаты, показаны на рис. 27. Такой ящик занимает мало места и его нетрудно сделать самому. Для воспроизведения высоких частот обычно пользуются двумя разнесенными громкоговорителями в небольших ящиках, которые устанавливают на полу или подвешивают на стене.

Разумеется, высокочастотные громкоговорители можно размещать и в одном ящике с остальными громкоговорителями. Примером этого может служить акустический агрегат для установки в углу комнаты, показанный на рис. 30. Четыре однотипных громкоговорителя (диаметр диффузора 25 *см*) сгруппированы в одну систему (см. стр. 34). Над ними укреплены шесть высокочастотных

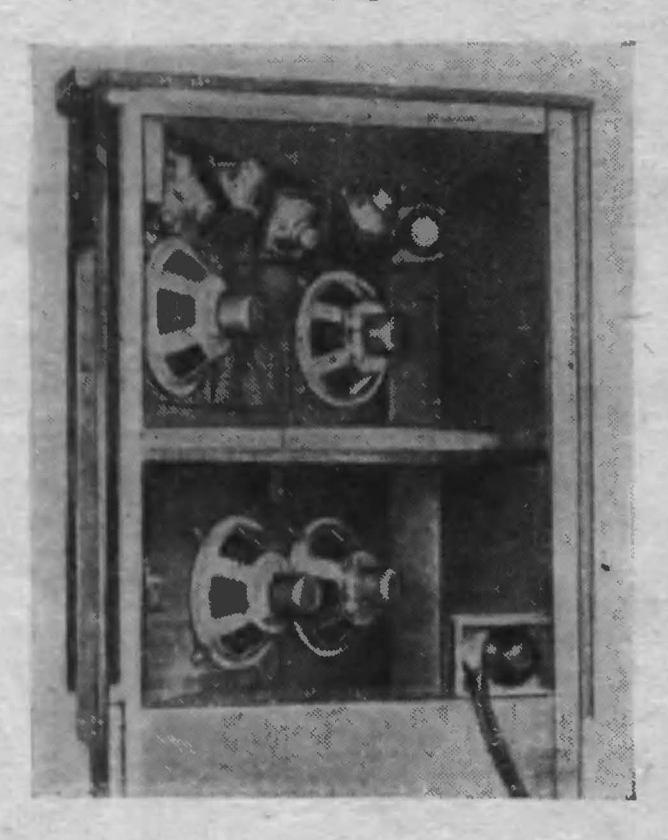


Рис. 30. Расположение громкоговорителей в ящике для установки в углу комнаты.

громкоговорителей (их оси попеременно повернуты вверх и вниз), причем передняя стенка ящика имеет выпуклую форму. Таким образом, и по горизонтали диаграммы излучения громкоговорителей направлены в разные стороны, что способствует отличному распределению верхних звуковых частот в помещении.

АКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С ВОСЕМЬЮ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯМИ

В принципе оконечный усилитель можно размещать в ящике для громкоговорителей. Такое размещение удобно не только в смысле электрической схемы (см. стр. 8), но и в отношении экономии места. Однако такой способ для ящиков треугольной формы едва ли можно признать целесообразным вследствие трудностей отвода тепла от оконечного усилителя. Значительно лучшие условия вентиляции обеспечиваются в ящике прямоугольной формы, который устанавливают на некотором расстоянии от стены. На рис. 31 показан образец такого ящика размерами 140×80×45 *см*. В нем на отражательной доске с изгибом (рис. 21) укреплены четыре однотипных

громкоговорителя (диаметр диффузоров 25 *см*). Перед ними на металлических полосках установлены четыре высокочастотных громкоговорителя. Основные и высокочастотные громкоговорители сгруппированы в 16-омные системы (рис. 22,*а*) и согласованы с оконечным усилителем (рис. 9). Примерно на высоте 25 *см* от дна ящика проходит горизонтальная перегородка. Верхняя часть, в которой размещены громкоговорители, имеет заднюю стенку, а внутри стенки выложены звукопоглощающим материалом. В нижней части, не имеющей задней стенки, установлен оконечный усилитель. На



Рис. 31. Акустический агрегат с восемью громкоговорителями, расположенными на отражательной доске с «изгибом».

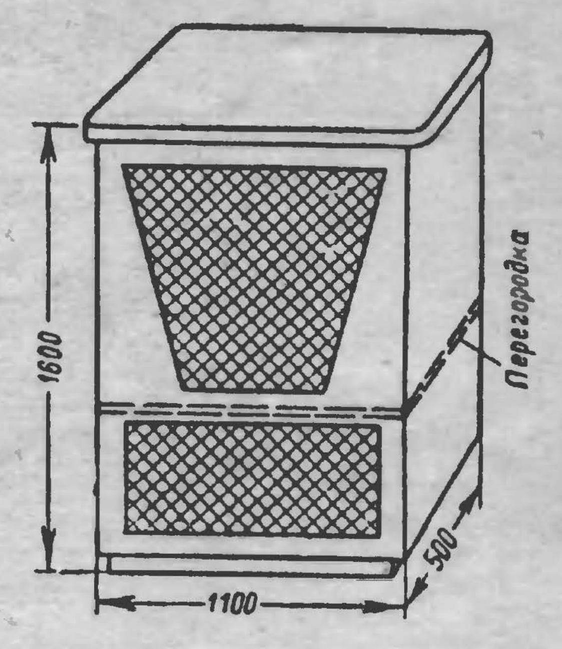


Рис. 32. Внешний вид ящика для совместного размещения громкоговорителей и оконечного усилителя.

рис. 31 видна ручка регулятора громкости и сигнальная лампочка, которые при использовании этого акустического агрегата в аппаратуре ВКЗ могут отсутствовать.

Однако задача отвода тепла в рассмотренной конструкции решена не лучшим способом. В этом отношении хорошо зарекомендовала себя конструкция, изображенная на рис. 32. Верхнее отверстие, за которым помещается отражательная доска, суживается книзу. Оно задрапировано материей и декоративной металлической решеткой. Точно такой же внешний вид имеет отверстие в нижней части ящика, отведенной для усилителя. Эта часть не имеет задней стенки, и воздух свободно циркулирует в этой секции, что способствует необходимому отводу тепла даже в том случае, если ящик стоит вплотную у стены.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Основные данные громкоговорителей для приемников, телевизоров, радиол и другой звуковоспроизводящей аппаратуры

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *ва*	Номинальный диапазон частот, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Резонансная частота подвижной системы, *гц*	Среднее стандартное звуковое давление, *н/м²*	Полное сопротивление звуковой катушки, *ом*	Габариты, *мм*	Тип магнита	Вес, *г*	Заменяет громкоговоритель
1ГД-5	1	150—6 000	15	120±20	0,20	6,5±0,7	⌀ 126×50	А	370	—
1ГД-6	1	100—6 000	15	100±10 140±10	0,30	6,5±0,7	⌀ 126×63	А	600	—
1ГД-9	1	100—7 000 200—10 000	14	95±15 150±30	0,25	6,5±0,7	156×98×56	К	250	—
1ГД-10	1	120—7 000	15	120±20	0,25	6,5±1,0	156×98×48	Ф	370	1ГД-9
1ГД-11	1	100—7 000	15	100±10 140±10	0,28	6,5±10	⌀ 126×45	Ф	300	1ГД-5 и 1ГД-6
1ГД-12	1	200—10 000	14	175±15	0,25	5,0±0,5	156×98×41	Ф	200	—
1ГД-14	1	150—10 000	14	150±30	0,25	5,0±0,5	⌀ 125×45	Ф	180	—
1ГД-18	1	100—10 000	15	100±15	0,23	6,5±0,7	156×98×48	К	160	1ГД-9
1ГД-19	1	100—10 000	15	100±15	0,20	6,5±1,0	156×98×44	Фэ	200	1ГД-9
1ГД-20	1	150—7 000	15	150±30	0,30	6,5±1,0	156×98×60	К	240	—
1ГД-28	1	100—10 000	15	95±15	0,20	6,5±0,7	156×98×41	Ф	200	1ГД-9 и 1ГД-10
2ГД-3	2	70—10 000	14	80±15 100±10	0,25	4,5±0,5	⌀ 152×69	К	400	—
2ГД-4	2	70—10 000	14	80±15 100±10	0,23	5,0±0,5	⌀ 152×54	Фэ	300	—

Продолжение

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *ва*	Номинальный диапазон частот, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Резонансная частота подвижной системы, *гц*	Среднее стандартное звуковое давление, *н/м²*	Полное сопротивление звуковой катушки, *ом*	Габариты, *мм*	Тип магнита	Вес, *г*	Заменяет громкоговоритель
2ГД-7	2	70—10 000	15	80±15 100±10	0,23	4,5±0,5	⌀ 152×62	К	230	2ГД-3
2ГД-8	2	80—8 000	15	100±10	0,23	4,5+0,5	264×94×58	К	280	—
2ГД-19	2	70—10 000	15	80±10 100±10	0,20	4,5±0,5	⌀/152×54	Фэ	220	2ГД-3 и 2ГД-4
2ГД-28	2	70—10 000	15	80±10 100±10	0,20	4,5±0,5	⌀/152×55	Ф	250	2ГД-3
3ГД-2	3	80—6 000	15	80±10	0,30	4,0±0,6	⌀ 202×100	А	1 200	—
3ГД-7	3	80—7 000	14	90±10	0,25	4,5±0,5	204×134×77	К	650	—
3ГД-9	3	80—7 000	14	80±10	0,25	5,0±0,5	204×134×65	Ф	900	—
4ГД-1	4	60—12 000	14	60±10 80±10	0,25	4,5±0,5	⌀ 202×100	К	600	—
4ГД-2	4	60—12 000	14	60±10	0,25	5,0±0,5	⌀ 202×80	Фэ	900	—
4ГД-3	4	70—7 000	14	70±20	0,25	4,5±0,5	⌀ 197×96	А	1 200	—
4ГД-7	4	60—12 000	15	60±10 80±10	0,25	4,5±0,5	⌀ 202×80	К	430	4ГД-1
4ГД-28	4	60—12 000	15	60±10 80±10	0,23	4,5±0,5	⌀ 202×71	Ф	535	4ГД-1
5ГД-10	5	50—12 000	15	50±10	0,30	4,5±0,5	⌀ 252×126	А	1 700	—

Продолжение

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *ва*	Номинальный диапазон частот, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Резонансная частота подвижной системы, *гц*	Среднее стандартное звуковое давление *н/м²*,	Полное сопротивление звуковой катушки, *ом*	Габариты, *мм*	Тип магнита	Вес, *г*	Заменяет громкоговоритель
5ГД-14	5	70—12 000	14	70±10 90±10	0,25	4,5±0,5	254×170×100	К	700	—
5ГД-18	5	70—12 000	15	70±10 90±10	0,25	4,5±0,5	254×170×80	К	450	5ГД-14
10ГД-17	10	40—8 000	14	50±10	0,30	4,5±0,5	⌀ 295×140	А	1 500	—
10ГД-18	10	50—8 000	12	50±10	0,30	8,0±0,8	324×212×128	А	2 000	—
ВГД-1	3	800—15 000	15	270±30	0,25	5,0±0,5	⌀ 105×64	К	230	—
3ГД-15 (ГДВ—2)	3	1 000—18 000	15	270±30	0,25	4,5±0,7	⌀ 105×64	К	230	ВГД-1
4А26	6	50—8 000	14	60±10	—	15±2,0	⌀ 258×135	А	2 600	—

Условные обозначения: А—кольцевой магнит из сплава АН-3 (альни—3), АНМ или т. п.; К—керновой магнит из сплава ЮНДК-24 или АНКо—4; Ф—кольцевой магнит из феррит—бария 3БА или 2БА; Фэ—тот же тип магнита, но с экранированной магнитной системой.

Примечания: 1. Громкоговорители, габариты которых указаны тремя числами без знака ⌀, имеют диффузоры эллиптической формы, а все остальные—круглой. Первые числа относятся к размеру диффузора, последнее—к высоте громкоговорителя.

2. Для громкоговорителей, имеющих два значения резонансной частоты подвижной системы, нижняя граница номинального диапазона, указанная в таблице, будет повышаться в соответствии с повышением резонансной частоты.

Таблица возможной замены зарубежных радиоламп отечественными

Тип лампы	Аналог отечественной лампы	Возможность замены	Тип лампы	Аналог отечественной лампы	Возможность замены
EBC91	—	6Г3П, 6Г2	EF86	6Ж32П	6Ж1П, 6Ж8
EC92	—	6С2П, 6Н2П[1], 6Н9С[1]	EF93	—	6К4П, 6К4
			EF94	—	6Ж4П, 6Ж3
ECC40	—	6Н1П, 6Н8С	EL34	6П27С	ГУ-50
ECC81	—	6Н2П, 6Н9С	EL84	6П14П	6П1П, 6П6С
ECC82	—	6Н1П, 6Н8С	EZ81	—	6Ц4П
ECC83	6Н4П	6Н2П, 6Н9С	UL41	—	6П1П[2], 6П6С[2], 6П18П[2]
EF40	—	6Ж1П, 6Ж8			
EF80	—	6Ж5П, 6Ж6С, 6К4			

[1] Для прямой замены используется один триод.
[2] Напряжения накала не совпадают.

СОДЕРЖАНИЕ

Мне всегда нравились старые, сильно потрёпанные книжки. Потрёпанность книги говорит о её высокой востребованности, а старость о вечно ценном содержании. Всё сказанное в большей степени касается именно технической литературы. Только техническая литература содержит в себе ту великую и полезную информацию, которая не подвластна ни политическим веяниям, ни моде, ни настроениям! Только техническая литература требует от своего автора по истине великих усилий и знаний. Порой требуется опыт целой жизни, чтобы написать небольшую и внешне невзрачную книгу.

К сожалению ни что не вечно в этом мире, книги треплются, разваливаются на отдельные листы, которые затем рвутся в клочья и уходят в никуда. Плюс ко всему орды варваров, которым без разницы, что бросить в костёр или чем вытереть свой зад. Именно их мы можем благодарить за сожженные и растоптанные библиотеки.

Если у Вас есть старая книга или журнал, то не дайте им умереть, отсканируйте их и пришлите мне. Совместными усилиями мы можем создать по истине уникальное и ценное собрание старых технических книг и журналов.

Сайт старой технической литературы:

http://retrolib.narod.ru